

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Posouzení náhrady autobusové dopravy trolejbusy

Assessment of Bus Service Replacement by Trolleybuses

Student: Bc. Martin Rosa

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Rosa**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 20 Silniční doprava
Téma: **Posouzení náhrady autobusové dopravy trolejbusy**
Assessment of Bus Service Replacement by Trolleybuses

Zásady pro vypracování:

Cílem DP je s využitím matematického modelu posoudit možnost nahrazení autobusové dopravy trolejbusy na vybraných linkách MHD. Návrh vyhodnotit z hlediska kapacitních a technických omezení plynoucích z provozu trolejbusů.

Osnova DP:

1. Úvod
2. Popis současného stavu, přepravního proudu, vedení linek MHD
3. Obecný popis matematického modelu
4. Návrh řešení
5. Výpočtová část
6. Vyhodnocení návrhu
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Surovec, P. Provoz a ekonomika silniční dopravy I. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. 2000. ISBN 80-7078-735-X
2. Gross, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: GRADA, Praha, 2003. ISBN 80-247-0421-8
3. Černý, J., Kulvánek, P. Základy matematickej teórie dopravy. Bratislava: VEDA-Vydavateľstvo slovenskej akadémie vied, Bratislava. ISBN 80-224-0099-8
4. Interní materiály dopravní firmy

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'V' followed by a horizontal line and a small flourish.

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry

A handwritten signature in black ink, written in a cursive style.

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:

.....

Martin Rosa

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB - TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

Martin Rosa

Martin Rosa

Jičina 77, 741 01 Nový Jičín

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ROSA, M. Posouzení náhrady autobusové dopravy trolejbusy, Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní, VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2011, 73s. Diplomová práce, vedoucí: Olivková, I.

Diplomová práce se zabývá možnou náhradou trolejbusové dopravy namísto současné autobusové dopravy, na vybraných linkách MHD v Českých Budějovicích.

V první části je popis současného stavu vybraných linek. V další části jsou pomocí matematických modelů PRIVOL a vlastními doporučeními, doplněnými výpočty, uvedeny návrhy na možnou úpravu linek. V závěru jsou pak všechna navrhnutá řešení posouzena z hlediska ekonomického podle kalkulačního vzorce.

ANNOTATION OF THESIS

ROSA, M. Assessment of Bus Service Replacement by Trolleybuses, Ostrava: Institute of Transport, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB - Technical University of Ostrava, 2011, 73p. Thesis, head: Olivková, I.

The thesis deals with the possible substitution of present buses for trolleybuses on certain lines of the public transport in České Budějovice.

First part describes the current condition of the chosen routes. Some proposals for their possible adjustments are introduced in the next part, supported by the mathematical models PRIVOL and by author's suggestions with calculations. Conclusion contains all proposed solutions considered from the economic point of view according to the calculation formula.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

1	ÚVOD.....	1
2	POPIS SOUČASNÉHO STAVU, PŘEPRAVNÍHO PROUDU, VEDENÍ LINEK MHD	3
2.1	HISTORIE	3
2.2	POPIS SOUČASNÉHO STAVU	6
3	OBEČNÝ POPIS MATEMATICKÉHO MODELU.....	12
3.1	VARIANTY MATEMATICKÉHO MODELU PRIVOL.....	12
3.2	ZÁKLADNÍ POJMY	12
3.3	MODEL 1	14
3.4	MODEL 2	16
4	NÁVRH ŘEŠENÍ	18
4.1	LINKA 1	18
4.2	LINKA 7	24
4.3	LINKA 11	30
4.4	LINKA 19	30
5	VÝPOČTOVÁ ČÁST	36
5.1	LINKA 1	36
5.2	LINKA 7	42
5.3	LINKA 19	49
6	VYHODNOCENÍ NÁVRHŮ.....	54
6.1	KALKULAČNÍ VZOREC	54
6.2	LINKA 1	55
6.3	LINKA 7	60
6.4	LINKA 19	65
6.5	LINKA 11	69
6.6	TECHNICKÉ POSOUZENÍ JEDNOTLIVÝCH NÁVRHŮ	70
6.7	KAPACITNÍ POSOUZENÍ JEDNOTLIVÝCH NÁVRHŮ.....	70
7	ZÁVĚR.....	71

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

SEZNAM PŘÍLOH

- PŘÍLOHA Č. 1: ORIENTAČNÍ PLÁN LINEK DOPRAVNÍHO PODNIKU MĚSTA ČESKÉ BUDĚJOVICE, A.S.
PŘÍLOHA Č. 2: PŘEPRAVNÍ INTENZITA NA LINCE 1
PŘÍLOHA Č. 3: RELATIVNÍ OBSAZENOST NA LINCE 1 PODLE DENNÍ DOBY
PŘÍLOHA Č. 4: PŘEPRAVNÍ INTENZITA NA LINCE 7
PŘÍLOHA Č. 5: RELATIVNÍ OBSAZENOST NA LINCE 7 PODLE DENNÍ DOBY
PŘÍLOHA Č. 6: PŘEPRAVNÍ INTENZITA NA LINCE 11
PŘÍLOHA Č. 7: RELATIVNÍ OBSAZENOST NA LINCE 11 PODLE DENNÍ DOBY
PŘÍLOHA Č. 8: PŘEPRAVNÍ INTENZITA NA LINCE 19
PŘÍLOHA Č. 9: RELATIVNÍ OBSAZENOST NA LINCE 19 PODLE DENNÍ DOBY
PŘÍLOHA Č. 10: VOZOVÝ PARK NA DANÝCH LINKÁCH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

DOC Mercury	Dopravně obchodní centrum Mercury
Kč	Korun českých
IDS	Integrovaný dopravní systém
MHD	Městská hromadná doprava
ODIS	Ostravský dopravní integrovaný systém
ROPID	Regionální organizátor Pražské integrované dopravy
apod.	a podobně
č.	číslo
h	hodina
kg	kilogram
km	kilometr
m	metr
min	minuta
mm	milimetr
např.	například
tab.	tabulka
tj.	to je
tzn.	to znamená
vozkm	vozokilometry

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

H	množina hran
K	kapacita vozidla
N	počet vozidel
N_l	počet obrátů na lince za hodinu
V	množina vrcholů
Z^+	množina kladných celých čísel
c	disponibilní počet míst
i_{se}	interval v sedle
i_{sp}	interval ve špičce
n_{ci}	celkový počet spojů na dané lince
n_i	celkový počet spojů na daném úseku
n_{se}	počet spojů v sedle
n_{sp}	počet spojů ve špičce
o_l	oběžná doba
p_i	procentuální podíl spojů na daném úseku
q_h	hodinová intenzita cestujících v zatíženějším směru na daném úseku
v	celkový počet vozidel nasazených na linku
x_l	počet míst přiřazených na linku
y	minimální poměrná rezerva mezi nabízeným a průměrně požadovaným počtem míst

1 Úvod

Veřejná osobní doprava byla používána ve městech od nepaměti. Např. nosítka, nebo různé formy dvojkolek, tažených převážně lidskou silou. V Asii, kde se používají dodnes, se jim říká rikša. Obecně však platí, že hlavním dopravním prostředkem středověku byly lidské nohy.

Vývoj MHD na území bývalého Československa je značně nerovnoměrný a byl závislý na industriálním rozvoji území. V roce 1830 se v Praze objevuje první omnibus. Jedná se o první skutečně hromadný dopravní prostředek ve městech. První omnibus se objevil v Paříži v roce 1819. Stanoviště těchto dopravních prostředků bylo před obchodem pana Omnese, proto název omnibus. Omnibus byl tažený koňmi. Pro nedostatek cestujících byly dvě zavedené linky postupně zrušeny. V roce 1860 byla omnibusová doprava opět obnovena. Vozidla měla 10 až 12 míst. Ukončena byla v roce 1883. V roce 1875 byla tato doprava nahrazena koňkou dráhou. První trať byla dlouhá 3,5 km. Provoz byl ukončen roku 1905.

Roku 1891 převedl Ing. Křižík první českou tramvaj. Trať byla dlouhá 800 m, výkon trakčního motoru byl 11,76 kW, napájení 150 V. Od roku 1894 byl zaveden parní tramvajový provoz v Moravské Ostravě a v Košicích. To umožňovalo i nákladní dopravu. Používala se již žlábková kolejnice. V roce 1895 započala tramvajová doprava v Bratislavě. Rozchod byl 1000 mm a pohon byl elektrický.

V roce 1907 byla zavedená trolejbusová doprava v Popradu, Bratislavě a ve Velenicích. Nedostatečné technické řešení (traťové uspořádání, způsob odběru proudu) bylo důvodem jejich zrušení do roku 1914.

Provozování autobusové dopravy bylo zavedeno v roce 1908 v Praze. Později byla zastavena pro malý výkon motoru. Další rozvoj této dopravy nastal až po I. světové válce.

Rozvoj tramvajové dopravy nastává ve 20. letech, kdy firma Křižík dodává tramvaje o výkonu 40 až 44 kW s trakčními motory uloženými na valivých ložiscích a vlastní ventilací s 550 min^{-1} . V roce 1928 se provozují v Brně tramvaje o výkonu 60 kW a otáčkami trakčního motoru 850 min^{-1} . Místo lyrových sběračů se používají pantografy. V roce 1934 se zprovozňují první jednosměrné tramvaje s výkonem $2 \times 55 \text{ kW}$ a otáčkami 750 min^{-1} .

Od roku 1936 se rozvíjí trolejbusová doprava. Od roku 1939 je v provozu linka v Praze. Od roku 1941 v Plzni a Bratislavě. V roce 1944 je zprovozněna linka ve Zlíně.

V roce 1948 byl vyzkoušen nový typ Československého trolejbusu o výkonu 110 kW. Ten byl použit na linkách v Jihlavě a Českých Budějovicích. V roce 1949 začíná trolejbusová doprava v Brně a Hradci Králové.

V roce 1974 byl v Praze zaveden nový odbavovací a tarifní systém. Bylo to v souvislosti se zprovozněním první linky metra. V roce 1991 byly turnikety metra nahrazeny elektronickými označovacími strojkami, jež na jízdenky tisknou potřebná data. Roku 1993 bylo založeno sdružení ROPID pro integrovaný dopravní systém Prahy a okolí. O rok dříve vznikl IDS na Zlínsku a v roce 1996 ODIS na Ostravsku. Smyslem integrace dopravních systémů je sjednocení přepravních služeb všech dopravců v zájmovém území měst a to jak po stránce provozní, tak po stránce odbavovací s cílem učinit MHD atraktivnější pro cestující a efektivnější pro dopravce.

2 Popis současného stavu, přepravního proudu, vedení linek MHD

V této části je popsána historie MHD v Českých Budějovicích a popis současného stavu na vybraných linkách.

2.1 Historie

2.1.1 Počátky městské hromadné dopravy v Českých Budějovicích

Zajistit spojení centra s nádražím - to už byl v mnoha městech úkol pro městskou hromadnou dopravu, ve své době většinou pro pouliční dráhu - tramvaj. Výjimkou nebyly ani České Budějovice. První tramvaje se na budějovickém náměstí objevily 2. prosince 1908 při předváděcí jízdě, ale trvalo ještě půl roku, než byl ve městě zahájen pravidelný provoz. 15. června 1909 se začalo jezdit po první trati, která začínala před tehdy zbrusu novou výpravní budovou budějovického nádraží. Pouliční dráha byla pouze jednokolejná a v určitých vzdálenostech byly zřízeny výhybny pro míjení protijedoucích vlaků. Za mostem přes Mlýnskou stoku trať procházela rozrůstajícím se Pražským předměstím. Podle něj byla i první linka označena písmenem P. Konečná stanice byla u dělostřeleckých kasáren před závorami u dnes už neexistující plzeňské zastávky. Celkem byla linka P dlouhá necelé tři kilometry.



Obr. 2.1 ^[1]

Druhá trať vedla na tehdejší Linecké předměstí. Proto byla druhá linka označena písmenem L. Konečná stanice byla na konci dnešní Heydukovy ulice, opět u železniční zastávky.

[1] Dopravní podnik města České Budějovice, a.s. [online]. 2009 [cit. 2011-11-17]. Historie. Dostupné z WWW: <<http://www.dpmcb.cz/o-spolecnosti/historie/>>.

Město potřebovalo také přímé spojení ke hřbitovu. Překonat dva frekventované železniční přejezdy však tramvaj nesměla, a tak se v Českých Budějovicích poprvé cestující 27. října 1909 svezli také trolejbusem.

Vůz od firmy Daimler-Stoll neměl tyčové sběrače, na které jsme zvyklí dnes, ale táhl po trolejovém vedení speciální kontaktní vozíček. Tehdejší trolejbusy byly značně nespolehlivé a po pěti letech, na počátku I. světové války, byl jejich provoz v Českých Budějovicích bez náhrady zastaven.

V roce 1925 zakoupily budějovickou pouliční dráhu Jihočeské elektrárny. O 11 let později uskutečnily jedinou významnější změnu provozu. Od roku 1936 jezdila jedna linka mezi oběma předměstími a druhá zajišťovala na náměstí přípoj k nádraží.

Na sklonku 2. světové války se stav tratí zhoršil a tramvaje pomalu ztrácely dech. Investovat značné prostředky do jejich náročné obnovy a současně do výstavby nových tratí, které by zajistily kvalitní dopravu do dalších částí města či blízkých obcí, už nebylo ekonomické. O osudu budějovických tramvají bylo rozhodnuto. 2. března 1950 dojezdily ^[1].

2.1.2 Trolejbusové intermezzo

České Budějovice ale bez městské hromadné dopravy nezůstaly. Ještě před tím, než tramvaje projely ulicemi naposledy, Jihočeské elektrárny v Českých Budějovicích vybudovaly a postupně uvedly do provozu trolejbusovou síť. 28. října 1948 se začala psát nová kapitola historie městské hromadné dopravy v Českých Budějovicích. Opět se městem rozjely trolejbusy. Nešlo již o primitivní poruchové vozy, ale o moderní dopravní prostředek, se kterým měla od roku 1936 dobré zkušenosti Praha, ke které za války přibýly Plzeň a Zlín a později ještě Most.



Obr. 2.2 ^[1]

První trať v Českých Budějovicích byla postavena do Čtyř Dvorů a vedla tedy za tehdejší hranice města. V srpnu 1949 byla dána do provozu převážná část nové trolejbusové sítě. Od 1. ledna 1950 bylo provozování městské hromadné dopravy

v Českých Budějovicích vyčleněno z Jihočeských elektráren a svěřeno nově ustavenému samostatnému Dopravnímu podniku. Trolejbusová doprava byla v následujících dvaceti letech páteří budějovické městské hromadné dopravy. Na sklonku 60. let se však neuváženě přikročilo k postupné likvidaci sítě a 24. září 1971 projely trolejbusy městem naposledy a jejich úkoly převzaly jen autobusy ^[1].

2.1.3 Věk autobusů

První autobusovou linku zavedl Dopravní podnik 8. září 1951 do Mladého, kam se nepodařilo postavit původně zamýšlenou trolejbusovou trať. V prvních letech autobusy zajišťovaly dopravu jen na několika nepříliš frekventovaných linkách. Postupně však přebíraly úkoly trolejbusů, a tak v roce 1972 v Českých Budějovicích jezdilo už 11 linek o celkové délce 87 kilometrů. Na sklonku roku 1988 dosáhla síť autobusových linek prakticky dvou set kilometrů ^[1].

2.1.4 Opětovný nástup trolejbusů

Podnětem k obnově trolejbusové sítě byla představa, že spojí České Budějovice a Jadernou elektrárnu Temelín. Z velkorysého záměru sice sešlo, ale trolejbusů se nakonec dočkaly alespoň samotné České Budějovice. Tak se začala psát další kapitola kroniky českobudějovické městské hromadné dopravy. Potřetí se v ní můžeme dovědět o trolejbusech.



Obr. 2.3 ^[1]

2. května 1991 se obyvatelé Českých Budějovic opět po dvaceti letech svezli trolejbusem. Nová vozovna pro trolejbusy byla postavena v Horní ulici. V následujících letech byla ve městě opět obnovena převážná většina původních tratí a trolejbusy dosáhly i do dalších částí města, především na nová sídliště.

Jako první byla spojena s hlavním dopravním uzlem u nádraží sídliště Máj a Vltava a pochopitelně opět i Čtyři Dvory. V červnu 1992 byl zahájen provoz na trati kolem Ústředního hřbitova, přes Nemanice až do Borku, a v září téhož roku byla dokončena první etapa výstavby sítě zprovozněním úseku do Rožnova. Počátek roku 1996 přinesl obnovu trolejbusové tratě do Suchého Vrbného a postavení nové větve k Papírnám. Tím ale výstavba druhé etapy ještě neskončila. Trolejbusů se dočkalo ještě sídliště Šumava a 13. dubna 1998 byla dána do provozu trať na Strakonické ulici. A v roce 2003 se postavilo propojení mezi Pražskou třídou a nádražím po Pekárenské ulici ^[1].

2.2 Popis současného stavu

Síť linek MHD v Českých Budějovicích je rozdělena do pěti zón. Jedná se o zóny: 01, 11, 12, 21, 22. Plán dopravní sítě je zobrazen v příloze 1. V současné době je síť obsluhována devatenácti linkami. 6 linek je trolejbusových a 13 linek je autobusových. Na linky je v pracovních dnech nasazeno 39 trolejbusů a 61 autobusů ^[3]. V tabulkách 2.1 a 2.2 je uveden počet autobusů a trolejbusů nasazených na jednotlivých linkách.

Tab. 2.1: Počet autobusů nasazených na jednotlivé linky

Linka č.	Počet autobusů	
	Celodenní	Dělené
1	6	3
4	1	1
5	0	2
6	3	4
7	3	5
8	2	4
10	2	2
11	4	3
12	2	2
13	2	0
16	1	2
19	3	2
41	1	1

Tab.2.2: Počet trolejbusů nasazených na jednotlivé linky

Linka č.	Počet trolejbusů	
	Celodenní	Dělené
2	7	4
3	5	4
9	5	2
14	2	2
17	4	2
50	2	0

Průměrné stáří vozového parku MHD České Budějovice je u trolejbusů 11 let a u autobusů 10 let.

[3] FILIP, Radek: *Osobní sdělení*. Dopravní podnik města České Budějovice, a.s., České Budějovice. [2010-11-15]

V diplomové práci bude nadále pojednáváno o vybraných linkách. A to o linkách č. 1, 7, 11 a 19.

MHD České Budějovice obsluhuje mnoho okolních obcí. Je tak dáno na základě zájmu obcí a zřízenou dohodou mezi Dopravním podnikem a jednotlivými obcemi. 50% nákladů spojených s přepravou cestujících jsou hrazeny ziskem z jízdného.

Jedním z nešvarů sítě MHD jsou nepravidelné intervaly na linkách. Je to dáno požadavky ze stran zákazníků, Statutárního města České Budějovice a obsluhovaných obcí. Kompromis vzešel v nepravidelnosti. Proto v následující části budou navrženy na základě počtu cestujících a počtu vozidel intervaly pro linky ve špičce a v sedle.

Dopravní podnik využívá k informování cestujících o spojích informační systém na zastávkách, který je řízen dynamicky v závislosti na poloze vozidla. Vozidla jsou vybavena GPS, které posílá pomocí radiové sítě informace o své pozici na dispečink. Ten situaci vyhodnocuje a zasílá informace na zastávky. Výhodou je, že informační systém neukazuje pouze data, která jsou zapsána v jízdním řádu, ale přesný čas příjezdu vozidla, v závislosti na jeho okamžité poloze. Stejný systém je využíván pro obě trakce, tedy jak pro autobusy, tak pro trolejbusy.

V polovině roku 2009 byla zahájena realizace projektu „Informační systém pro cestující MHD v Českých Budějovicích. Vynaložená investice ve výši cca 28 milionů Kč je významným podílem v objemu 18,5 milionů Kč financována ze strukturálních fondů Evropské unie v rámci Regionálního operačního programu NUTS II Jihozápad. Projekt je v současné době v závěrečné etapě a právě dochází ke spuštění ostrého provozu.

Celkem 70 význačných zastávek MHD v centru města je vybaveno novými označníky s digitálními displeji, které cestujícím kromě data a přesného času zobrazují především aktuální informace o skutečných časech příjezdů vozů MHD podle jednotlivých linek. Mimo těchto základních informací lze na displejích podat cestujícím i další závažné informace týkající se provozu MHD, např. o komplikacích v dopravě, poruchách, popřípadě i informace z varovného záchranného systému města. Všechny tyto nové zastávky jsou také vybavené speciálním zařízením, které umožňuje akustické vyhlášení času příjezdu jednotlivých spojů pro nevidomé či slabozraké občany.

Součástí systému je i několik velkoplošných obrazovek umístěných v přestupních uzlech, a to v objektu DOC Mercury, KD Metropol a Multifunkčního centra Čtyři Dvory. Dále jsou instalovány moderní informační kiosky pro cestující, na jejichž displejích si zájemci mohou vyhledat důležité informace o dopravním systému v Českých

Budějovicích, jízdních řádech, a připojit na internetové stránky dopravního podniku, Magistrátu města České Budějovice, Jihočeského kraje apod. Kiosky jsou dispozičně umístěny v centrech pohybu občanů, např. v DOC Mercury, Čtyři Dvory, v budově magistrátu města či na Jihočeské univerzitě [6].

2.2.1 Linka č. 1

Linka č. 1 je spojnici mezi částí Haklovy Dvory a obcí Rudolfov. Trasa linky je zčásti zatrolejovaná a to v úseku mezi zastávkami Máj, Milady Horákové - Nádraží. Na lince je 22 zastávek. Doba spoje na lince je 35 min. Schéma linky je zobrazeno na obr. č. 2.4, přepravní intenzity na lince jsou uvedeny v příloze 2 a relativní obsazenost spojů v příloze 3. Maximální intenzita cestujících je 360 cestujících/hodinu u zastávky Nádraží, minimální intenzita cestujících je 30 cestujících/hodinu u zastávky Haklovy Dvory.

Na linku je nasazeno 6 autobusů celodenních a 3 dělené. V pracovní dny je linka obsluhována těmito typy autobusů - Irisbus Citelis 18, Solaris Urbino 15, Karosa B741/941.

O víkendech pak - Iveco Crossway LE, Irisbus Citelis 12, Solaris Urbino 12, Renault CityBus.



Obr. 2.4: Schéma linky č. 1

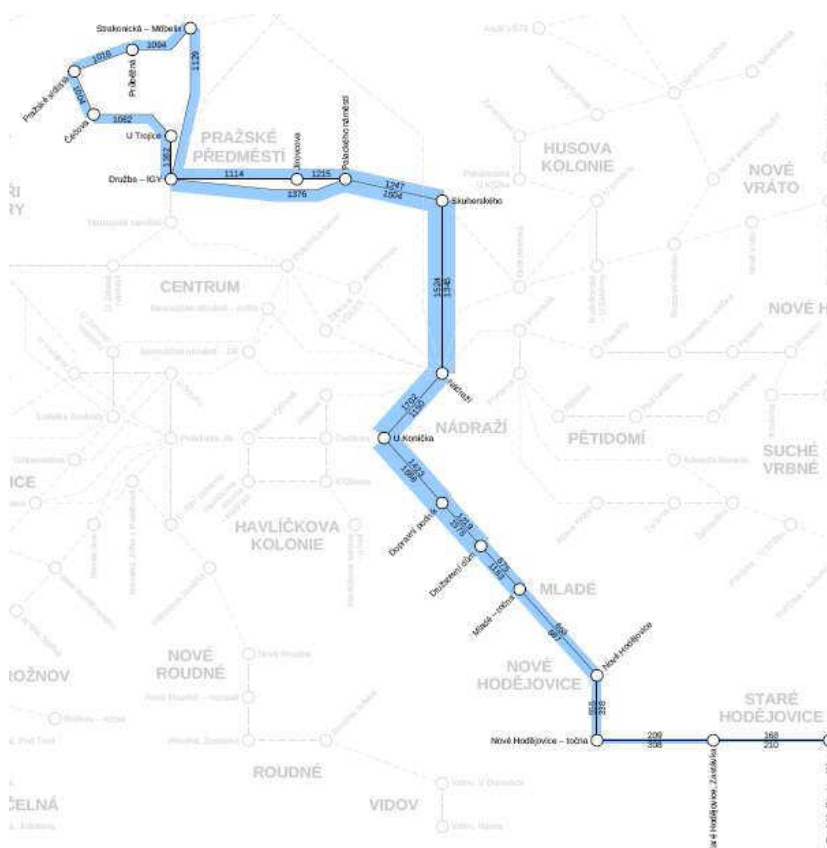
[6] Dopravní podnik města České Budějovice, a.s. [online]. 2009 [cit. 2010-11-25]. Projekty EU. Dostupné z WWW: <<http://www.dpmcb.cz/projekty-srop/>>.

2.2.3 Linka č. 11

Linka č. 11 je spojnici mezi částí Pražské předměstí a obcí Staré Hodějovice. Jedná se o okružní linku. Na lince je 30 zastávek. Doba spoje na lince je 49 min. Schéma linky je zobrazeno na obr. 2.6, přepravní intenzity na lince jsou uvedeny v příloze 6 a relativní obsazenost spojů v příloze 7. Maximální intenzita cestujících je 213 cestujících/hodinu u zastávky Nádraží, minimální intenzita cestujících je 39 cestujících/hodinu u zastávky Staré Hodějovice.

Na linku je nasazeno 6 autobusů celodenních a 3 dělené. V pracovní dny je linka obsluhována těmito typy autobusů - Irisbus Citelis 18, Solaris Urbino 15, Karosa B741/941. O víkendech pak - Iveco Crossway LE, Irisbus Citelis 12, Solaris Urbino 12, Renault CityBus.

Zatrolejování úseku U koníčka - Staré Hodějovice by bylo velmi nákladné (jedná se o dlouhý úsek) a u zastávky Dopravní podnik se trasa linky kříží s elektrifikovanou železniční dráhou. Nemí tedy možné tento úsek zatrolejovat. V současnosti jsou zatrolejovány úseky mezi zastávkami Nádraží - Strakonická Möbelix a U Trojice - Nádraží.



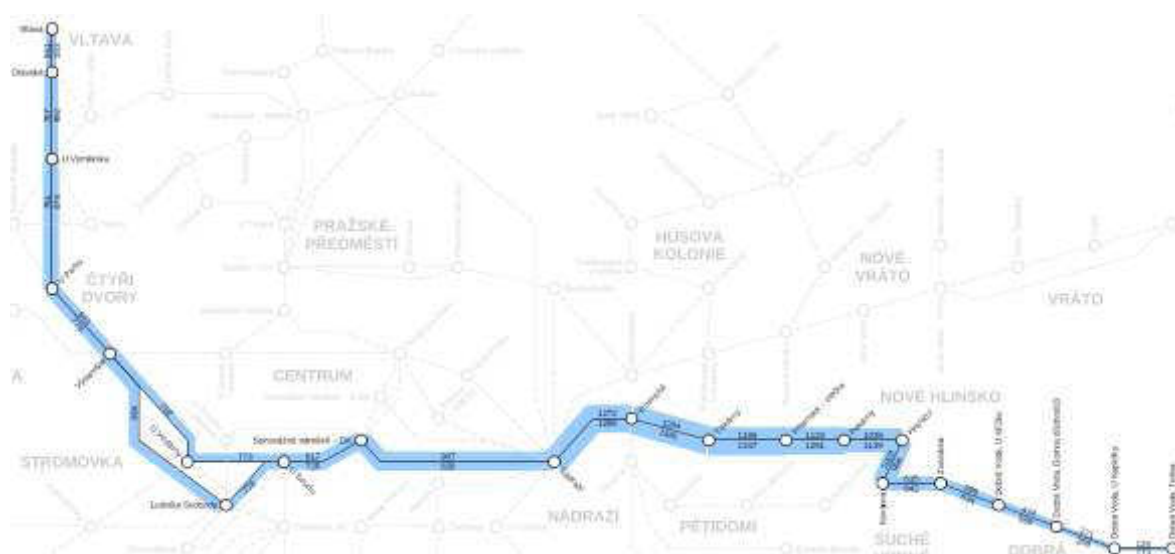
Obr. 2.6: Schéma linky č. 11

2.2.4 Linka č. 19

Linka č. 19 je spojnici mezi sídlištěm Vltava a obcí Dobrá Voda. Na lince je 21 zastávek. Doba spoje na lince je 29 min. Schéma linky je zobrazeno na obr. 2.7, přepravní intenzity na lince jsou uvedeny v příloze 8 a relativní obsazenost spojů v příloze 9. Maximální intenzita cestujících je 173 cestujících/hodinu u zastávky Vrbenská, minimální intenzita cestujících je 45 cestujících/hodinu u zastávky Dobrá Voda.

Linka je obsluhována autobusy. V současné době je zatrolejován úsek mezi zastávkami Vltava - Výstaviště a Ludvíka Svobody - Nádraží. V plánu Dopravního podniku je zatrolejování úseku Výstaviště - Ludvíka Svobody, kde v současnosti trolejové vedení není. Tím by vzniklo souvislé trolejové vedení na trase linky od zastávky Vltava až po zastávku Nádraží.

Na linku jsou nasazeny 3 autobusy celodenní a 2 dělené. Linka je celotýdenně obsluhována těmito typy autobusů - Iveco Crossway LE, Irisbus Citelis 12, Solaris Urbino 12, Renault CityBus, Karosa B732/931.



Obr. 2.7: Schéma linky č. 19

3 Obecný popis matematického modelu

Matematický model se skládá z účelové funkce a soustavy omezujících podmínek. Soustava omezujících podmínek slouží k tomu, aby vymezila množinu přípustných řešení. Účelová funkce slouží ke kvantifikaci hodnot jednotlivých přípustných řešení.

3.1 Varianty matematického modelu PRIVOL

V této části budou popsány dva matematické modely, pomocí nichž bude vypočítán počet míst nasazených na jednotlivé linky a následně přiřazení určitého počtu vozidel na tyto linky. Autorem původního matematického modelu je prof. RNDr. J. Černý, DrSc. a jeho řešitelský kolektiv.

3.2 Základní pojmy

Kapacita vozidel – schopnost dopravních prostředků přepravit určité množství osob a věcí. Je to nabídka míst, plochy, prostoru nebo užitečné hmotnosti k přepravě.

Obsaditelnost vozidla – množství osob, které mohou být umístěny ve vozidle v konkrétním daném okamžiku. Je odvozena od užitečné hmotnosti vozidla. Obsaditelnost se uvádí v počtu míst, který je součtem počtu míst k sedění a počtu míst ke stání. Podle způsobu výpočtu se rozlišuje obsaditelnost maximální a normální.

Normální (normovaná) obsaditelnost – se používá při plánování, návrhu a řízení dopravního systému a v technologických výpočtech. Normální obsaditelnost je vymezena požadavky na kvalitu přepravy a vychází z těchto údajů:

- $0,2 \div 0,25\text{m}^2$ užitečné plochy na jedno místo určené ke stání, tj. $5 \div 4$ osoby na 1m^2 ,
- $0,315\text{m}^2$ užitečné plochy na jedno místo k sedění.

Maximální obsaditelnost – je vypočtena z užitečné hmotnosti s použitím průměrné hmotnosti jednoho cestujícího (v MHD se použije průměrná hmotnost jednoho cestujícího 70 kg). Maximální obsaditelnost vychází z těchto údajů:

- $0,125\text{m}^2$ užitečné plochy na jedno místo určené ke stání, tj. 8 osoba 1m^2 ,
- $0,315\text{m}^2$ užitečné plochy na jedno místo k sedění.

Poměr počtu míst k sedění k počtu míst ke stání – je ovlivněn konstrukcí vozidla, jeho účelem a použitím. V MHD se cestující přepravují na malou vzdálenost a poměr počtu míst k sedění k počtu míst ke stání je v rozmezí $1:2 \div 1:4$.

Přepravní kapacita – schopnost dopravních prostředků přepravit za jednotku času určité množství osob v jednom přepravním směru, měřeno v profilu komunikace.

Technická rychlost – průměrná rychlost mezi zastávkami linky. V technologických výpočtech je za technickou rychlost považována rovnoměrná rychlost, kterou vozidlo projede dráhu od jedné zastávky k následující zastávce. Technická rychlost je normována pro každou linku tak, aby reálně odpovídala provozním podmínkám a provozním poměrům na lince v době, pro kterou je sestaven jízdní řád.

Doba jízdy – doba, kterou potřebuje vozidlo na přemístění mezi dvěma místy jízdou po stanovené dopravní cestě odpovídající technickou rychlostí. Doba jízdy na lince zahrnuje dobu zdržení, zastavení nebo stání v souvislosti s dopravním proudem. Doba jízdy nezahrnuje dobu zdržení v souvislosti se zastavením na zastávce.

Doba jízdy na lince – podíl provozní délky linky a odpovídající technické rychlosti.

Cestovní rychlost – podíl ujeté vzdálenosti a cestovní doby mezi dvěma místy na lince.

Doba spoje – časový úsek mezi časem odjezdu spoje z jeho výchozí zastávky a časem příjezdu do jeho konečné zastávky. *Spoj* je jízdním řádem nebo jinak časově a místně určené jednotlivé přepravní spojení mezi určitými místy v rámci pravidelné dopravní obsluhy těchto míst. Jako spoj se chápe jízda vozidla z místa na lince, kde je určen první nástup cestujících do vozidla do jiného místa na lince, kde je určen výstup všech cestujících. Tato místa se nazývají *konečné zastávky*. Zastávky mezi těmito konečnými zastávkami se nazývají *mezilehlé zastávky*. Doba spoje zahrnuje dobu jízdy a součet dob zastávky mezilehlých zastávek na trase linky.

Oběžná rychlost na lince – podíl ujeté dráhy a oběžné doby při jednom cyklickém oběhu linky.

Doba linky – doba potřebná na provedení jednoho spoje na lince včetně časového zdržení na konečné zastávce linky před provedením následujícího spoje.

Oběžná doba linky – časový úsek mezi dvěma po sobě následujícími odjezdy stejného vozidla ze stejného profilu tratě ve stejném směru při cyklickém oběhu vozidla na lince.

Cyklický oběh vozidla – opakované jízdy vozidla mezi dvěma konečnými zastávkami po stejné dopravní cestě. Cyklický oběh na okružní lince znamená jeden spoj provedený, při jednom oběhu linky.

Doba zastávky – doba zdržení vozidla v souvislosti se zastavením na zastávce. Doba zastávky je definována jako součet doby potřebné pro zastavení z určité jízdní rychlosti, doby stání na zastávce, v průběhu které dochází k nástupu a výstupu cestujících a doby potřebné na opuštění prostoru zastávky až po dosažení určité jízdní rychlosti.

Interval dopravy – časový úsek mezi dvěma po sobě jedoucími vozidly v jednom směru, měřený v profilu komunikace.

- *Linkový interval dopravy* – časový úsek mezi dvěma po sobě následujícími spoji stejné linky v jednom přepravním směru měřený v profilu dopravní cesty.
- *Následný interval dopravy* – časový úsek mezi dvěma po sobě následujícími spoji bez ohledu na příslušnost k lince v jednom přepravním směru měřený v profilu dopravní cesty.
- *Minimální zastávkový interval* – zahrnuje nejmenší prakticky dosažitelný časový úsek za sebou jdoucích vozidel, které zastavují na stejné lince ^[4].

3.3 Model 1

První model je původním modelem prof. Černého. Model přidělí ke každé lince určitý počet míst. Optimalizačním kritériem je minimální poměrná rezerva mezi nabízeným a průměrně požadovaným počtem míst. Úkolem je její hodnotu maximalizovat.

Je dána dopravní síť. V dopravní síti je známa množina všech vrcholů V , množina hran H , intenzity cestujících na jednotlivých hranách v zatíženějším směru q_h a oběžné doby na jednotlivých linkách o_l .

Dále je dána širší množina linek L . Pomocí proměnné x_l (počet míst přiřazených na linku l), vybereme vhodné linky do užší množiny linek L_o . A to tak, že bude-li $x_l > 0$, bude linka do užší množiny linek vybrána, bude-li $x_l = 0$, nebude linka do užší množiny linek vybrána.

[4] Surovec, P. Provoz a ekonomika silniční dopravy I. 1.vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2000. 119 s. ISBN 80-7078-735-X

Podmínkami musíme zajistit:

- 1) Místa, která budou přiřazena na linky, nesmí překročit kapacitu vozidlového parku.
- 2) Každý přepravní požadavek musí být splněn, tzn., že na každém úseku musí být nabídnut dostatečný počet míst.

Účelová funkce

$$\max f(y) = y \quad (3.1)$$

Strukturální podmínky

$$\sum_{l \in L} o_l \cdot x_l \leq c \quad (3.2)$$

$$\sum_{l \in L_h} x_l \geq q_h \cdot y \quad \text{pro } h \in H \quad (3.3)$$

Obligatorní podmínky

$$y \geq 1 \quad (3.4)$$

$$x_l \geq 0 \quad \text{pro } l \in L_o \quad (3.5)$$

Definování jednotlivých symbolů:

y ... minimální poměrná rezerva mezi nabízeným a průměrně požadovaným počtem míst.

o_l ... oběžná doba [h]. Je to časový úsek mezi dvěma po sobě následujícími odjezdy stejného vozidla ze stejného profilu tratě ve stejném směru při cyklickém oběhu vozidla na lince ^[4].

x_l ... počet míst přiřazených na linku l .

c ... disponibilní počet míst, $c = \text{počet vozidel} \cdot \text{obsaditelnost vozidla}$.

q_h ... hodinová intenzita cestujících v zatíženějším směru na daném úseku [cestujících/h].

L_h ... množina linek obsluhující hranu h .

Význam podmínek:

- (3.2) Disponibilní počet míst nebude překročen.
- (3.3) Požadavky všech cestujících budou splněny, tzn., že na každém úseku bude nabídnut dostatečný počet míst, při zachování minimální poměrné rezervy y .

3.4 Model 2

Druhý model, navazuje na výsledky dosažené v modelu č. 1. Na linky z množiny L_o model 2 přiřadí potřebný počet vozidel.

V dopravní síti reprezentované grafem $G [V, H]$, ve které množina vrcholů V představuje významné uzly sítě a množina hran H reprezentuje dopravní úseky je definována širší množina linek L_o , kde pro každou z linek $l \in L_o$ známe oběžnou dobu o_l . Na každé hraně $h \in H$ dopravní sítě známe intenzitu cestujících q_h v zatíženějším směru za hodinu.

Každá linka může být obsluhována jedním druhem dopravního prostředku s kapacitou K .

Proměnná bude v matematickém modelu představovat počet vozidel, přiřazených na linku $l \in L_o$. Bude označena symbolem x_l a bude nezáporná celočíselná.

Optimalizačním kritériem modelu je celkový počet použitých vozidel. Úkolem je tento počet vozidel minimalizovat.

Podmínka musí zajistit, aby byl splněn každý přepravní požadavek, tzn., že na každém úseku musí být nabídnut dostatečný počet vozidel.

Účelová funkce

$$\min f(x) = v \tag{3.6}$$

Strukturální podmínky

$$\sum_{l \in L_h} N_l \cdot x_l \cdot K \geq q_h \quad \text{pro } h \in H \tag{3.7}$$

$$\sum_{l \in L_o} x_l = v \tag{3.8}$$

Obligatorní podmínky

$$x_l \in Z^+ \quad \text{pro } l \in L_o$$

Definování jednotlivých symbolů:

v ... celkový počet použitých vozidel.

N_l ... počet obrátů vozidla na lince za hodinu. $N_l = \frac{1}{o_l} \text{ [h}^{-1}\text{]}$.

K ... kapacita vozidla.

L_h ... množina linek obsluhující hranu h .

Význam podmínek:

- (3.7) Každý přepravní požadavek bude splněn, tzn., že na každém úseku bude nabídnut dostatečný počet vozidel.

4 Návrh řešení

V této části budou představena řešení, které vypočítá matematický model a dále budou navrhována vlastní řešení. V práci je porovnání řešení matematických modelů, vlastních řešení a současného stavu. Na některé linky bude navrhnut dubus.

Dubus je trolejbus s hybridním pohonem. Alternativní pohon mu umožňuje jízdu bez trakčního trolejového vedení, tedy ve funkci autobusu.

Moderní trolejbusy jsou standardně nebo na přání zákazníka vybavovány dieselagregátem nebo akumulátorem, jsou tedy použitelné i mimo úseky trolejového vedení. Tato vlastnost se někdy využívá na městských a příměstských linkách.

S pomocným pohonem

Vozy s pomocným pohonem jsou uzpůsobeny pouze pro krátké pojezdy s cestujícími bez vrchního (trolejového) vedení. Rychlost obsazeného vozu při použití pomocného pohonu většinou nepřesahuje 30 km/h (při maximálním výkonu 50 kW), při 100 kW výkonu jsou schopny trolejbusy jet rychlostí přibližně 50 km/h, což je pro městský provoz dostačující. Jako pomocný pohon se využívá buď akumulátor, nebo mnohem častěji dieselagregát, který pohání trakční motor vozu.

S plnohodnotným alternativním pohonem

Dubusy se samostatným alternativním pohonem umožňují plnohodnotnou jízdu i mimo trolejové vedení. Výkony vozu (rychlost, akcelerace) jsou shodné (nebo téměř shodné) jako při jízdě pod trolejovým vedením. Většinou jsou dubusy kloubová vozidla vzhledem k vysoké hmotnosti a prostorové náročnosti výkonného dieselagregátu.

Pro svou diplomovou práci budu uvažovat použití dubusů s pomocným pohonem.

4.1 Linka 1

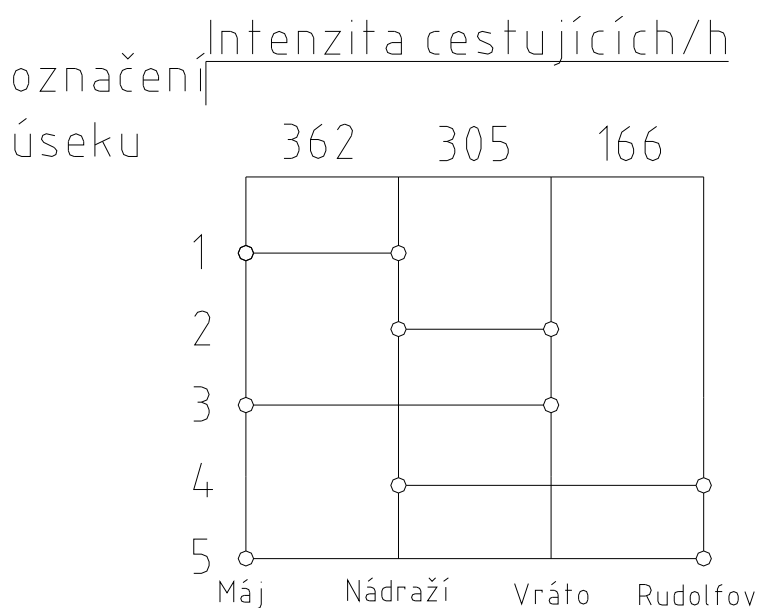
Na úseku mezi zastávkami Haklovy Dvory a Máj - Milady Horákové je maximální intenzita cestujících 43 cestujících/hodinu. Z tohoto důvodu bude prvně navrhnut na tento

úsek autobus se sníženou kapacitou. Tento úsek nebude zahrnut do výpočtu matematického modelu. Dále bude linka rozdělena na tři úseky viz. obr. 4.1.

Spoj 1 je veden mezi zastávkami	Máj, Milady Horákové - Nádraží
Spoj 2	Nádraží - Vráto
Spoj 3	Máj, Milady Horákové - Vráto
Spoj 4	Nádraží - Rudlofov
Spoj 5	Máj, Milady Horákové - Rudlofov

Na úseku mezi zastávkami Rudlofov - Vráto spoj není ze stavebních důvodů.

Na obrázku je na svislé ose označení úseku a na vodorovné ose maximální hodinová intenzita cestujících na daném úseku v zatíženější směru.



Obr. 4.1: Rozdělení linky 1 na úseky pro dosazení do modelu

Přestávka na konečné zastávce před obratem byla po konzultaci zvolena 3 min. Před dalším oběhem je přestávka volena v intervalu 10 ÷ 20 min v závislosti na výsledném čase, z důvodu bezpečnostních přestávek řidičů a z důvodu prevence přenášení zpoždění na další spoje. Doby spojů byly odečteny podle ^[5], kilometrické proběhy podle jízdního řádu.

[5] MAFRA, a.s. *IDOS Jízdní řády* [online]. 2010 [cit. 2010-11-14]. Jizdnirady.idnes.cz. Dostupné z WWW: <<http://jizdnirady.idnes.cz/ceskebudejovice/spojeni/>>.

Oběžné doby jednotlivých spojů

 Spoj 1 $o_l = 50 \text{ min}$

 Spoj 2 $o_l = 30 \text{ min}$

 Spoj 3 $o_l = 65 \text{ min}$

 Spoj 4 $o_l = 45 \text{ min}$

 Spoj 5 $o_l = 80 \text{ min}$

Tab. č. 4.1: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 1 - současný stav

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
1 původní	Rudlofov – Haklovy Dvory	13	27	16	351	208	88803	23296	112099
	Rudolfov – Máj Milady Horákové	10	31	12	310	120	78430	13440	91870
	Vráto – Haklovy Dvory	11	14	6	154	66	38962	7392	46354
	Vráto - Máj Milady Horákové	9	6	7	54	63	13662	7056	20718
	Nádraží – Haklovy Dvory	7	2		14	0	3542	0	3542
	Nádraží - Máj Milady Horákové	5	2	1	10	5	2530	560	3090
	Rudolfov - Nádraží	5	2	2	10	10	2530	1120	3650
Σ			84	44	903	472	228459	52864	281323
1 původní	Nádraží - Rudolfov	5	3	1	15	5	3795	560	4355
	Máj Milady Horákové – Rudolfov	10	24	14	240	140	60720	15680	76400
	Haklovy Dvory - Rudolfov	13	31	14	403	182	101959	20384	122343
	Máj Milady Horákové - Nádraží	5	5	1	25	5	6325	560	6885
	Haklovy Dvory - Vráto	11	11	7	121	77	30613	8624	39237
	Máj Milady Horákové - Vráto	9	11	6	99	54	25047	6048	31095
	Haklovy Dvory – Nádraží	7	1		7	0	1771	0	1771
Σ			86	43	910	463	230230	51856	282086
Σ									563409

4.1.1 Model 1

Na linku je nasazeno 9 kloubových autobusů, každý má kapacitu 80 míst. Tedy disponibilní počet míst $c = 9 \cdot 80 = 720 \text{ míst}$.

Účelová funkce

$$\max f(y) = y$$

Strukturální podmínky

$$\sum_{l \in L} o_l \cdot x_l \leq c$$

Po dosazení:

$$\frac{5}{6} \cdot x_1 + \frac{1}{2} \cdot x_2 + \frac{13}{12} \cdot x_3 + \frac{3}{4} \cdot x_4 + \frac{4}{3} \cdot x_5 \leq 720$$

$$\sum_{l \in L_h} x_l \geq q_h \cdot y \quad \text{pro } h \in H$$

Po dosazení:

$$x_1 + x_3 + x_5 \geq 362 \cdot y$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \geq 305 \cdot y$$

$$x_4 + x_5 \geq 166 \cdot y$$

Obligatorní podmínky

$$y \geq 1$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

Pro výpočet byl použit optimalizační software X-press IVE

Model má tvar:

model Model1_linka1

uses "mmxprs";

declarations

x1,x2,x3,x4,x5: mpvar

y: mpvar

end-declarations

$$(5/6)*x1+0.5*x2+(13/12)*x3+(3/4)*x4+(4/3)*x5 \leq 720$$

$$x1+x3+x5 \geq 362*y$$

$$x2+x3+x4+x5 \geq 305*y$$

$$x4+x5 \geq 166*y$$

$$y \geq 1$$

maximize(y)

writeln("y = ", getobjval);

writeln("x1 = ", getsol(x1));

writeln("x2 = ", getsol(x2));

```
writeln("x3 = ",getsol(x3));
writeln("x4 = ",getsol(x4));
writeln("x5 = ",getsol(x5));
end-model
```

Výsledek

```
y = 1.71667
x1 = 97.8502
x2 = 0
x3 = 238.617
x4 = 0
x5 = 284.967
```

Přibližně 98 míst bude nasazeno na úsek Máj, Milady Horákové - Nádraží, 239 míst na úsek Máj, Milady Horákové - Vráto a 285 míst na úsek Máj, Milady Horákové - Rudolfov. Na každém úseku bude zajištěna minimální poměrná rezerva mezi nabízeným a průměrně požadovaným počtem míst nejméně $y = 1,7$.

4.1.2 Model 2

Předchozí model vybral úseky 1, 3 a 5. Proto pouze tyto úseky budou ve druhém modelu zahrnuty. Na linku budou nasazeny kloubové autobusy, tedy kapacita vozidla je ve všech případech $K = 80$ míst.

Účelová funkce

$$\min f(x) = v$$

Strukturální podmínky

$$\sum_{l \in L_h} N_l \cdot x_l \cdot K \geq q_h \quad \text{pro } h \in H$$

Po dosazení:

$$80 \cdot \left(\frac{6}{5} \cdot x_1 + \frac{12}{13} \cdot x_3 + \frac{3}{4} \cdot x_5 \right) \geq 362$$

$$80 \cdot \left(\frac{12}{13} \cdot x_3 + \frac{3}{4} \cdot x_5 \right) \geq 305$$

$$80 \cdot \frac{3}{4} \cdot x_5 \geq 166$$

$$\sum_{l \in L_o} x_l = v$$

Po dosazení:

$$x_1 + x_3 + x_5 = v$$

Obligatorní podmínky

$$x_1, x_3, x_5 \in \mathbb{Z}^+$$

Model má tvar:

model Model2_linka1

uses "mmxprs";

declarations

x1,x3,x5: mpvar

v: mpvar

end-declarations

$$x1 + x3 + x5 = v$$

$$80 \cdot ((60/50) \cdot x1 + (60/65) \cdot x3 + (60/80) \cdot x5) \geq 362$$

$$80 \cdot ((60/65) \cdot x3 + (60/80) \cdot x5) \geq 305$$

$$80 \cdot (60/80) \cdot x5 \geq 166$$

v is_integer

x1 is_integer

x3 is_integer

x5 is_integer

minimize(v)

writeln("v = ", getobjval);


```
writeln("x1 = ",getsol(x1));
writeln("x3 = ",getsol(x3));
writeln("x5 = ",getsol(x5));
end-model
```

Výsledek

$v = 6$

$x_1 = 1$

$x_3 = 2$

$x_5 = 3$

Celkem bude na linku 1 nasazeno 6 vozidel. Jedno vozidlo bude nasazeno na úsek Máj, Milady Horákové - Nádraží, dvě vozidla na úsek Máj, Milady Horákové - Vráto a 3 vozidla na úsek Máj, Milady Horákové - Rudolfov.

Návrhy řešení:

- První návrh bude zohledňovat výsledky modelu, tedy úseky 1, 3 a 5 budou obsluhovány autobusy.
- Druhý návrh vychází také z modelu, úsek 1 a 3 budou obsluhovat trolejbusy a úsek 5 duobus. Tímto návrhem však vzniká nutnost zatrolejovat úsek Nádraží - Vráto.
- Třetí návrh je vlastní a to - úsek 1 budou obsluhovat trolejbusy, úsek 4 autobusy.

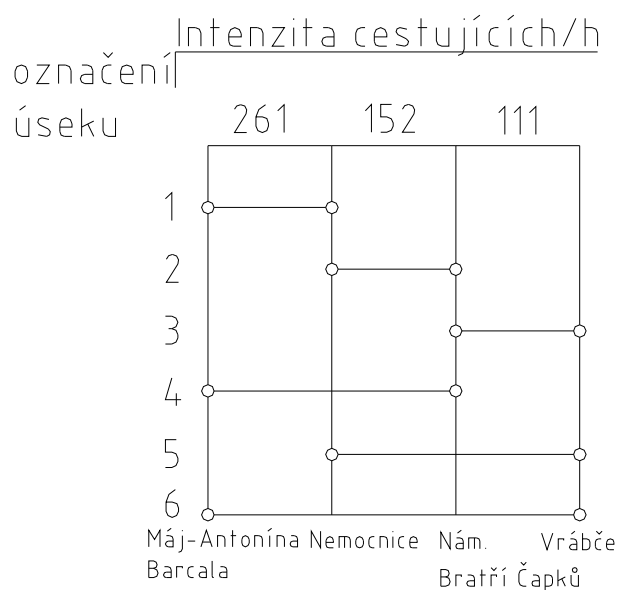
Všechny návrhy budou dále posouzeny z ekonomického hlediska.

4.2 Linka 7

Linka bude rozdělena na tři úseky viz. obr. 4.2.

Spoj 1 je veden mezi zastávkami	Máj, Antonína Barcala - Nemocnice
Spoj 2	Nemocnice - Náměstí Bratří Čapků
Spoj 3	Náměstí Bratří Čapků - Vrábče
Spoj 4	Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků
Spoj 5	Nemocnice - Vrábče
Spoj 6	Máj, Antonína Barcala – Vrábče

Oběžné doby jednotlivých spojů

Spoj 1 $o_l = 45 \text{ min}$ Spoj 2 $o_l = 20 \text{ min}$ Spoj 3 $o_l = 55 \text{ min}$ Spoj 4 $o_l = 50 \text{ min}$ Spoj 5 $o_l = 60 \text{ min}$ Spoj 6 $o_l = 95 \text{ min}$ 

Obr. 4.2: Rozdělení linky 7 na úseky pro dosažení do modelu

Tab. č. 4.2: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 7 - současný stav

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
7 původní	Nemocnice – Vrábče	10	1	1	10	10	2530	1120	3650
	Máj, Antonína Barcala – Vrábče	16	43	16	688	256	174064	28672	202736
	Máj, Antonína Barcala – Náměstí Bratří Čapků	7	25	3	175	21	44275	2352	46627
	Máj, Antonína Barcala – Nemocnice	6	2	0	12	0	3036	0	3036
Σ			71	20	885	287	223905	32144	256049
7 původní	Vrábče - Máj, Antonína Barcala	16	44	16	704	256	178112	28672	206784
	Náměstí Bratří Čapků - Máj, Antonína Barcala	7	24	4	168	28	42504	3136	45640
	Vrábče - Nemocnice	10	2	1	20	10	5060	1120	6180
Σ			70	21	892	294	225676	32928	258604
								Σ	514653

4.2.1 Model 1

Na lince je nasazeno 8 autobusů, každý má kapacitu 80 míst. Tedy disponibilní počet míst $c = 8 \cdot 80 = 640 \text{ míst}$.

Účelová funkce

$$\max f(y) = y$$

Strukturální podmínky

$$\sum_{l \in L} o_l \cdot x_l \leq c$$

Po dosazení:

$$\frac{3}{4} \cdot x_1 + \frac{1}{3} \cdot x_2 + \frac{11}{12} \cdot x_3 + \frac{5}{6} \cdot x_4 + x_5 + \frac{19}{12} \cdot x_6 \leq 640$$

$$\sum_{l \in L_h} x_l \geq q_h \cdot y \quad \text{pro } h \in H$$

Po dosazení:

$$x_1 + x_4 + x_6 \geq 261 \cdot y$$

$$x_2 + x_4 + x_5 + x_6 \geq 152 \cdot y$$

$$x_3 + x_5 + x_6 \geq 111 \cdot y$$

Obligatorní podmínky

$$y \geq 1$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$$

Model má tvar:

model Model1_linka7

uses "mmxprs";

declarations

x1,x2,x3,x4,x5,x6: mpvar

y: mpvar

end-declarations

$$(3/4)*x_1+(1/3)*x_2+(11/12)*x_3+(5/6)*x_4+x_5+(19/12)*x_6 \leq 640$$

$$x_1+x_4+x_6 \geq 261*y$$

$$x_2+x_4+x_5+x_6 \geq 152*y$$

$$x_3+x_5+x_6 \geq 111*y$$

$$y \geq 1$$

maximize(y)

writeln("y = ", getobjval);

writeln("x1 = ", getsol(x1));

writeln("x2 = ", getsol(x2));

writeln("x3 = ", getsol(x3));

writeln("x4 = ", getsol(x4));

writeln("x5 = ", getsol(x5));

writeln("x6 = ", getsol(x6));

end-model

Výsledek

$$y = 2.19429$$

$$x_1 = 239.177$$

$$x_2 = 0$$

$$x_3 = 0$$

$$x_4 = 89.9657$$

$$x_5 = 0$$

$$x_6 = 243.566$$

Přibližně 239 míst bude nasazeno na úsek Máj, Antonína Barcala - Nemocnice, 90 míst na úsek Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků a 244 míst na úsek Máj, Antonína Barcala - Vrábče. Na každém úseku bude zajištěna minimální poměrná rezerva mezi nabízeným a průměrně požadovaným počtem míst nejméně $y = 2,1$.

4.2.2 Model 2

Předchozí model vybral úseky 1, 4 a 6. Proto pouze tyto úseky budou ve druhém modelu zahrnuty. Kapacita vozidla je ve všech případech $K = 80$ míst.

Účelová funkce

$$\min f(x) = v$$

Strukturální podmínky

$$\sum_{l \in L_h} N_l \cdot x_l \cdot K \geq q_h \quad \text{pro } h \in H$$

Po dosazení:

$$80 \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot x_1 + \frac{6}{5} \cdot x_4 + \frac{12}{19} \cdot x_6 \right) \geq 261$$

$$80 \cdot \left(\frac{6}{5} \cdot x_4 + \frac{12}{19} \cdot x_6 \right) \geq 152$$

$$80 \cdot \frac{12}{19} \cdot x_6 \geq 111$$

$$\sum_{l \in L_o} x_l = v$$

Po dosazení:

$$x_1 + x_4 + x_6 = v$$

Obligatorní podmínky

$$x_1, x_4, x_6 \in \mathbb{Z}^+$$

Model má tvar:

model Model2_linka7

uses "mmxprs";

declarations

x1,x4,x6: mpvar

v: mpvar

end-declarations

x1+x4+x6=v

80*((60/45)*x1+(60/50)*x4+(60/95)*x6)>=261

$$80*((60/50)*x_4+(60/95)*x_6) \geq 152$$

$$80*(60/95)*x_6 \geq 111$$

v is_integer

x1 is_integer

x4 is_integer

x6 is_integer

minimize(v)

writeln("v = ", getobjval);

writeln("x1 = ", getsol(x1));

writeln("x4 = ", getsol(x4));

writeln("x6 = ", getsol(x6));

end-model

Výsledek

$$v = 5$$

$$x_1 = 0$$

$$x_4 = 2$$

$$x_6 = 3$$

Celkem bude na linku 7 nasazeno 5 vozidel. Dvě vozidla budou nasazena na úsek Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků a 3 vozidla na úsek Máj, Antonína Barcala - Vrábče.

Návrhy řešení:

- První návrh bude zohledňovat výsledky modelu, tedy úseky 4 a 6 budou obsluhovány autobusy.
- Druhý návrh je vlastní, úsek 1 budou obsluhovat trolejbusy a úsek 5 autobusy. Tímto návrhem však vzniká nutnost zatrolejovat úsek Výstaviště - Ludvíka Svobody.
- Třetí návrh je vlastní, úsek 4 budou obsluhovat trolejbusy, úsek 3 autobusy. Zatrolejovat úsek Výstaviště - Ludvíka Svobody.

Všechny návrhy budou dále posouzeny z ekonomického hlediska.

4.3 Linka 11

Linka nebude rozdělena na úseky, bude zde pouze komplexně posuzována možnost používání duobusů.

Tab. č. 4.3: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 11 - současný stav

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
11 původní	Nádraží - Nové Hodějovice	5	2	2	10	10	2530	1120	3650
	Nové Hodějovice – Staré Hodějovice	16	18	11	288	176	72864	19712	92576
	Staré Hodějovice – Staré Hodějovice	17	16	5	272	85	68816	9520	78336
	Nové Hodějovice – Nové Hodějovice	15	27	11	405	165	102465	18480	120945
	Staré Hodějovice – Nové Hodějovice	16	19	10	304	160	76912	17920	94832
	Staré Hodějovice - Nádraží	6	2	2	12	12	3036	1344	4380
Σ			84	41	1291	608	326623	68096	394719

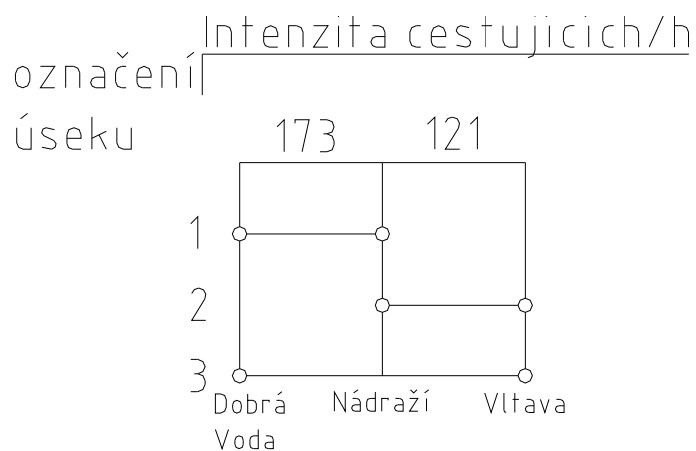
4.4 Linka 19

Linka bude rozdělena na dva úseky viz. obr. 4.3.

Spoj 1 je vede mezi zastávkami Dobrá Voda - Nádraží

Spoj 2 Nádraží - Vltava

Spoj 3 Dobrá Voda - Vltava



Obr. 4.3: Rozdělení linky 19 na úseky pro dosazení do modelu

Tab. č. 4.4: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 19 - současný stav

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
19 původní	Dobrá Voda - Vltava	11	43	22	473	242	119669	27104	146773
	Dobrá Voda - Nádraží	6	5	4	30	24	7590	2688	10278
	Nádraží - Vltava	5	2	0	10	0	2530	0	2530
Σ			50	26	513	266	129789	29792	159581
19 původní	Nádraží - Dobrá Voda	6	4	2	24	12	6072	1344	7416
	Vltava - Dobrá Voda	11	44	23	484	253	122452	28336	150788
	Vltava - Nádraží	5	2	0	10	0	2530	0	2530
Σ			50	25	518	265	131054	29680	160734
Σ									320315

Oběžné doby jednotlivých spojů

Spoj 1 $o_l = 45 \text{ min}$

Spoj 2 $o_l = 50 \text{ min}$

Spoj 3 $o_l = 85 \text{ min}$

4.4.1 Model 1

Na lince je nasazeno 5 autobusů, každý má kapacitu 40 míst. Tedy disponibilní počet míst $c = 5 \cdot 40 = 200 \text{ míst}$.

Účelová funkce

$$\max f(y) = y$$

Strukturální podmínky

$$\sum_{l \in L} o_l \cdot x_l \leq c$$

Po dosazení:

$$\frac{3}{4} \cdot x_1 + \frac{5}{6} \cdot x_2 + \frac{17}{12} \cdot x_3 \leq 200$$

$$\sum_{l \in L_h} x_l \geq q_h \cdot y \quad \text{pro } h \in H$$

Po dosazení:

$$x_1 + x_3 \geq 173 \cdot y$$

$$x_2 + x_3 \geq 121 \cdot y$$

Obligatoční podmínky

$$y \geq 0$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Model má tvar:

odel Model1_linka19

uses "mmxprs";

declarations

x1,x2,x3: mpvar

y: mpvar

end-declarations

$$(3/4)*x1+(5/6)*x2+(17/12)*x3 \leq 200$$

$$x1+x3 \geq 173*y$$

$$x2+x3 \geq 121*y$$

$$y \geq 0$$

maximize(y)

writeln("y = ", getobjval);

writeln("x1 = ", getsol(x1));

writeln("x2 = ", getsol(x2));

writeln("x3 = ", getsol(x3));

end-model

Výsledek

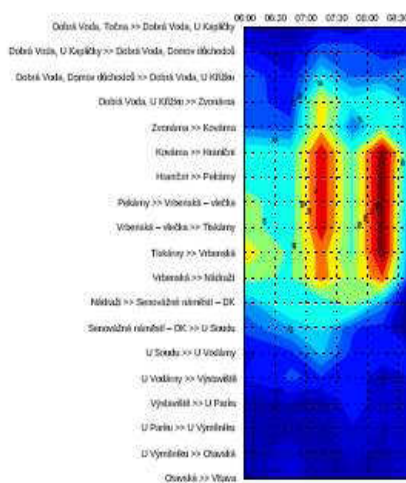
$$y = 0.950495$$

$$x1 = 49.4257$$

$$x2 = 0$$

$$x3 = 115.01$$

Dle výsledků modelu je minimální poměrná rezerva $y = 0.950495$. Tzn., že požadavky všech cestujících nebyly splněny, tedy na lince je nabídka počtu míst menší, než jsou požadavky cestujících. Podle přílohy č. 9 je zřetelné, že problematický úsek je mezi zastávkami Kovárna - Vrbenská. Navyšuji tedy počet vozidel z pěti na šest a provedu výpočet znovu. Autobusy budou opět mít kapacitu 40 míst. Disponibilní počet míst $c = 6 \cdot 40 = 240 \text{ míst}$.



Obr. 5.4: Vysoká intenzita cestujících mezi zastávkami Kovárna - Vrbenská

Výsledek

$$y = 1.14059$$

$$x1 = 59.3109$$

$$x2 = 0$$

$$x3 = 138.012$$

Nyní je již podmínka splněna. Přibližně 59 míst bude nasazeno na úsek Dobrá Voda - Nádraží a 138 míst na úsek Dobrá Voda - Vltava. Na každém úseku bude zajištěna minimální poměrná rezerva mezi nabízeným a průměrně požadovaným počtem míst nejméně $y = 1,14$.

4.4.2 Model 2

Předchozí model vybral úseky 1 a 3. Proto pouze tyto úseky budou ve druhém modelu zahrnuty. Na linku budou nasazeny autobusy s kapacitou $K = 40$ míst.

Účelová funkce

$$\min f(x) = v$$

Strukturální podmínky

$$\sum_{l \in L_h} N_l \cdot x_l \cdot K \geq q_h \quad \text{pro } h \in H$$

Po dosazení:

$$40 \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot x_1 + \frac{12}{17} \cdot x_3 \right) \geq 173$$

$$40 \cdot \frac{12}{17} \cdot x_3 \geq 121$$

$$\sum_{l \in L_o} x_l = v$$

Po dosazení:

$$x_1 + x_3 = v$$

Obligatorní podmínky

$$x_1, x_3 \in \mathbb{Z}^+$$

Model má tvar:

model Model2_linka19

uses "mmxprs";

declarations

x1,x3: mpvar

v: mpvar

end-declarations

x1+x3=v

40*((60/45)*x1+(60/85)*x3)>=173

40*(60/85)*x3>=121

v is_integer

```
x1 is_integer  
x3 is_integer  
minimize(v)  
writeln("v = ", getobjval);  
writeln("x1 = ", getsol(x1));  
writeln("x3 = ", getsol(x3));  
end-model
```

Výsledek

$v = 6$

$x1 = 1$

$x3 = 5$

Celkem bude na linku 19 nasazeno 6 vozidel. Jedno vozidlo bude nasazeno na úsek Dobrá Voda - Nádraží a 5 vozidel na úsek Dobrá Voda - Vltava.

Návrhy řešení:

- a) První návrh bude zohledňovat výsledky modelu, tedy úseky 1 a 3 budou obsluhovány autobusy.
- b) Druhý návrh je vlastní. Úsek 1 budou obsluhovat autobusy a úsek 2 budou obsluhovat trolejbusy. Tímto návrhem vzniká nutnost zatrolejovat úsek Výstaviště - Ludvíka Svobody.
- c) Třetí návrh je vlastní, úsek 3 budou obsluhovat duobusy. Zatrolejovat úsek Výstaviště - Ludvíka Svobody.

Všechny návrhy budou dále posouzeny z ekonomického hlediska.

5 Výpočtová část

V této části budou propočítány jednotlivé návrhy. Jak návrhy vypočítané modelem, tak vlastní návrhy. Budou vypočítány počty spojů na jednotlivých linkách a kilometrické proběhy linek.

5.1 Linka 1

5.1.1 Úsek Haklovy Dvory - Máj, Milady Horákové ve dnech Po - Pá

Tento úsek budou obsluhovat autobusy s nižší obsaditelností. Jedná se o autobusy Mave CiBus ENA 3Z s obsaditelností 25 míst (popis autobusu viz. Příloha 10.9), či podobné vozidlo.

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 6 : 00 ÷ 8 : 00, odpolední 14 : 00 ÷ 17 : 00, celkem tedy 5 h. Interval ve špičce je $i_{sp} = 20$ min.

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 5}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 5}{20} \quad [1] \quad (5.1)$$

$$n_{sp} = 15$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 8 : 00 ÷ 14 : 00, tedy 6 h. Interval v sedle je $i_{se} = 30$ min.

Po 17:00 a před 6:00 bude na lince provozováno dohromady 14 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 6}{i_{se}} + 14 = \frac{60 \cdot 6}{30} + 14 \quad [1] \quad (5.2)$$

$$n_{se} = 26$$

Celkový počet spojů na úseku

$$n = n_{sp} + n_{se} = 15 + 26 \quad [1] \quad (5.3)$$

$$n = 41$$

Úsek Haklový Dvory - Máj, Milady Horákové ve dnech So - Ne

O víkendu bude na úsek nasazeno 36 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 30min. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

5.1.2 Linka 1 varianta a, b; Po - Pá

V této části se od sebe návrhy neliší. Model vybral v obou případech úseky 1 Máj, Milady Horákové - Nádraží, 3 Máj, Milady Horákové - Vráto a 5 Máj, Milady Horákové - Rudolfovo. Tyto návrhy se budou lišit až v další části, kdy bude třeba propočítat jednotlivé návrhy z hlediska ekonomického. Ve variantě *a* jsou všechny úseky obsluhovány autobusy, avšak ve variantě *b* jsou úseky 1 a 3 obsluhovány trolejbusy a úsek 5 duobusy. Kilometrický proběh obou variant je stejný.

Počet vozidel, které se objeví během každé hodiny v zastávce Máj, Milady Horákové

Model 2 přiřadil na linku celkem 6 vozidel.

x_1 ... počet vozidel nasazených na úsek 1 (Máj, Milady Horákové - Nádraží), podle modelu $x_1 = 1$.

o_1 ... oběžná doba na úseku 1, $o_1 = 50$ min.

$x_3 = 2$, $o_3 = 65$ min.

$x_5 = 3$, $o_5 = 80$ min.

$$N = x_1 \cdot \frac{60}{o_1} + x_3 \cdot \frac{60}{o_3} + x_5 \cdot \frac{60}{o_5} = 1 \cdot \frac{60}{50} + 2 \cdot \frac{60}{65} + 3 \cdot \frac{60}{80} \quad [1] \quad (5.4)$$

$$N = 5,3 \cong 5$$

Hodnota musí být zaokrouhlena na celý počet vozidel. Minimální poměrná rezerva je podle modelu 1 $y = 1,7$. Hodnota je dostatečná a proto je možno zaokrouhlit počet vozidel na 5.

Interval ve špičce

$$i_{sp} = \frac{60}{N} = \frac{60}{5} \quad [\text{min}] \quad (5.5)$$

$$i_{sp} = 12 \text{ min}$$

Procentuální podíl spojů na úseku 1 Máj, Milady Horákové - Nádraží

$$p_1 = \frac{x_1 \cdot \frac{60}{o_1}}{N} \cdot 100 = \frac{x_1 \cdot 60}{o_1 \cdot N} \cdot 100 = \frac{1 \cdot 60}{50 \cdot 5,3} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5.6)$$

$$p_1 = 23\%$$

Procentuální podíl spojů na úseku 3 Máj, Milady Horákové - Vráto

$$p_3 = \frac{x_3 \cdot \frac{60}{o_3}}{N} \cdot 100 = \frac{x_3 \cdot 60}{o_3 \cdot N} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 60}{65 \cdot 5,3} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$p_3 = 35\%$$

Procentuální podíl spojů na úseku 5 Máj, Milady Horákové - Rudolfov

$$p_5 = \frac{x_5 \cdot \frac{60}{o_5}}{N} \cdot 100 = \frac{x_5 \cdot 60}{o_5 \cdot N} \cdot 100 = \frac{3 \cdot 60}{80 \cdot 5,3} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$p_5 = 42\%$$

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 9:00, odpolední 13:00 ÷ 18:00. Interval ve špičce je $i_{sp} = 12 \text{ min.}$

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 9}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 9}{12} \quad [1]$$

$$n_{sp} = 45$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 9:00 ÷ 13:00, interval v sedle $i_{se} = 15 \text{ min.}$ Po 18:00 bude na lince provozováno 16 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 4}{i_{se}} + 16 = \frac{60 \cdot 4}{15} + 16 \quad [1]$$

$$n_{se} = 32$$

Celkový počet spojů na lince 1

$$\begin{aligned} n_{cl} &= n_{sp} + n_{se} = 45 + 32 \\ n_{cl} &= 77 \end{aligned} \quad [1] \quad (5.7)$$

Počet spojů na úseku 1

Podíl tohoto úseku na celkovém počtu spojů je 23%.

$$\begin{aligned} n_1 &= 0,23 \cdot n_{cl} = 0,23 \cdot 77 \\ n_1 &= 18 \end{aligned} \quad [1] \quad (5.8)$$

Počet spojů na úseku 3

Podíl tohoto úseku na celkovém počtu spojů je 35%.

$$\begin{aligned} n_3 &= 0,35 \cdot n_{cl} = 0,35 \cdot 77 \\ n_3 &= 27 \end{aligned} \quad [1]$$

Počet spojů na úseku 5

Podíl tohoto úseku na celkovém počtu spojů je 42%.

$$\begin{aligned} n_5 &= 0,42 \cdot n_{cl} = 0,42 \cdot 77 \\ n_5 &= 32 \end{aligned} \quad [1]$$

5.1.3 Linka 1 varianta a, b; So - Ne

O víkendu bude na linku 1 nasazeno 55 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 20 min. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Počet spojů na úseku 1

$$\begin{aligned} n_1 &= 0,23 \cdot n_{cl} = 0,23 \cdot 55 \\ n_1 &= 13 \end{aligned} \quad [1]$$

Počet spojů na úseku 3

$$\begin{aligned} n_3 &= 0,35 \cdot n_{cl} = 0,35 \cdot 55 \\ n_3 &= 19 \end{aligned} \quad [1]$$

Počet spojů na úseku 5 n_5

$$n_5 = 0,42 \cdot n_{cl} = 0,42 \cdot 55$$

$$n_5 = 23$$

[1]

Tab. č. 5.1: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 1 - varianta a, b

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
1 nové a,b	Haklovy Dvory - Máj, Milady Horákové	3	41	36	123	108	31119	12096	43215
	Máj Milady Horákové - Nádraží	5	18	13	90	65	22770	7280	30050
	Máj Milady Horákové - Vráto	9	27	19	243	171	61479	19152	80631
	Máj Milady Horákové – Rudolfov	10	32	23	320	230	80960	25760	106720
Σ			77	55	653	466	165209	52192	260616
1 nové a,b	Máj, Milady Horákové-Haklovy Dvory	3	41	36	123	108	31119	12096	43215
	Nádraží-Máj Milady Horákové	5	18	13	90	65	22770	7280	30050
	Vráto-Máj Milady Horákové	9	27	19	243	171	61479	19152	80631
	Rudolfov-Máj Milady Horákové	10	32	23	320	230	80960	25760	106720
Σ			77	55	653	466	165209	52192	260616
Σ									521232

Celkový kilometrický proběh varianty a, b je o 42177 km/rok nižší než v současném stavu.

5.1.4 Linka 1 varianta c

Úsek 1 Máj, Milady Horákové - Nádraží budou obsluhovat trolejbusy, úsek 4 Nádraží - Rudolfov autobusy. Vycházím ze současného stavu kdy je na linku nasazeno denně 9 vozidel.

Úsek 1 Máj, Milady Horákové - Nádraží ve dnech Po - Pá

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 9:00, odpolední 13:00 ÷ 18:00. Interval ve špičce je $i_{sp} = 10 \text{ min}$. U vlastních návrhů jsou intervaly určovány v závislosti na intenzitě cestujících a úpravou současného stavu.

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 9}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 9}{10}$$

$$n_{sp} = 54$$

[1]

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 9:00 ÷ 13:00, interval v sedle je $i_{se} = 15$ min. Po 18:00 bude na úseku provozováno 16 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 4}{i_{se}} + 16 = \frac{60 \cdot 4}{15} + 16 \quad [1]$$

$$n_{se} = 32$$

Celkový počet spojů na úseku 1

$$n_1 = n_{sp} + n_{se} = 54 + 32 \quad [1]$$

$$n_1 = 86$$

Úsek 1 Máj, Milady Horákové – Nádraží ve dnech So - Ne

O víkendu bude na úsek 1 nasazeno 55 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 20 min. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Úsek 4 Nádraží - Rudolfovo; Po - Pá

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:30 ÷ 8:00, odpolední 14:00 ÷ 17:00. Interval ve špičce je $i_{sp} = 10$ min.

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 5,5}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 5,5}{10} \quad [1]$$

$$n_{sp} = 33$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 8:00 ÷ 14:00, interval v sedle je $i_{se} = 15$ min. Po 17:00 a před 5:30 bude na úseku provozováno dohromady 22 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 6}{i_{se}} + 22 = \frac{60 \cdot 6}{15} + 22 \quad [1]$$

$$n_{se} = 46$$

Celkový počet spojů na úseku 4

$$n_4 = n_{sp} + n_{se} = 33 + 46$$

$$n_4 = 79$$

[1]

Úsek 4 Nádraží - Rudolfov; So - Ne

O víkendu bude na úsek 4 nasazeno 55 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 20 min. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Tab. č. 5.2: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 1 – varianta c

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
1 nové c	Haklovy Dvory - Máj, Milady Horákové	3	41	36	123	108	31119	12096	43215
	Máj Milady Horákové - Nádraží	5	86	55	430	275	108790	30800	139590
	Nádraží - Rudolfov	5	79	55	395	275	99935	30800	130735
Σ			165	110	825	550	208725	61600	313540
1 nové c	Máj, Milady Horákové-Haklovy Dvory	3	41	36	123	108	31119	12096	43215
	Nádraží-Máj Milady Horákové	5	86	55	430	275	108790	30800	139590
	Rudolfov-Nádraží	5	79	55	395	275	99935	30800	130735
Σ			165	110	825	550	208725	61600	313540
Σ									627080

Celkový kilometrický proběh varianty c je o 63 671 km/rok vyšší než v současném stavu.

5.2 Linka 7

5.2.1 Linka 7 varianta a; Po - Pá

Model vybral úsek 4 Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků a úsek 6 Máj, Antonína Barcala - Vrábče.

Počet vozidel, které se objeví během každé hodiny v zastávce Máj, Antonína Barcala

Model přiřadil na linku celkem 5 vozidel.

x_4 ... počet vozidel nasazených na úsek 4 (Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků), podle modelu $x_4 = 2$.

o_4 ... oběžná doba na úseku 4, $o_4 = 50$ min.

$x_6 = 3$, $o_6 = 95$ min.

$$N = x_4 \cdot \frac{60}{o_4} + x_6 \cdot \frac{60}{o_6} = 2 \cdot \frac{60}{50} + 3 \cdot \frac{60}{95} \quad [1]$$

$$N = 4,3 \cong 4$$

Hodnota musí být zaokrouhlena na celý počet vozidel. Jelikož minimální poměrná rezerva je podle modelu 1 $y = 2,19$, je možno zaokrouhlit počet vozidel na 4.

Interval ve špičce

$$i_{sp} = \frac{60}{N} = \frac{60}{4} \quad [\text{min}]$$

$$i_{sp} = 15 \text{ min}$$

Procentuální podíl spojů na úseku 4 Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků

$$p_4 = \frac{x_4 \cdot \frac{60}{o_4}}{N} \cdot 100 = \frac{x_4 \cdot 60}{o_4 \cdot N} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 60}{50 \cdot 4,3} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$p_4 = 56\%$$

Procentuální podíl spojů na úseku 6 Máj, Antonína Barcala - Vrábče

$$p_6 = \frac{x_6 \cdot \frac{60}{o_6}}{N} \cdot 100 = \frac{x_6 \cdot 60}{o_6 \cdot N} \cdot 100 = \frac{3 \cdot 60}{95 \cdot 4,3} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$p_6 = 44\%$$

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 9:00, odpolední 14:00 ÷ 18:00. Interval ve špičce je $i_{sp} = 15 \text{ min}$.

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 8}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 8}{15} \quad [1]$$

$$n_{sp} = 40$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 9:00 ÷ 14:00, interval v sedle je $i_{se} = 20 \text{ min}$. Po 18:00 a před 5:00 bude na lince provozováno dohromady 11 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 5}{i_{se}} + 11 = \frac{60 \cdot 5}{20} + 11$$

$$n_{se} = 26$$
[1]

Celkový počet spojů na lince 7

$$n_{c7} = n_{sp} + n_{se} = 40 + 26$$

$$n_{c7} = 66$$
[1]

Počet spojů na úseku 4

Podíl tohoto úseku na celkovém počtu spojů je 56%.

$$n_4 = 0,56 \cdot n_{c7} = 0,56 \cdot 66$$

$$n_4 = 37$$
[1]

Počet spojů na úseku 6

Podíl tohoto úseku na celkovém počtu spojů je 44%.

$$n_6 = 0,44 \cdot n_{c7} = 0,44 \cdot 66$$

$$n_6 = 29$$
[1]

5.2.2 Linka 7 varianta a; So - Ne

O víkendu bude na linku 7 nasazeno 18 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 1h. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Počet spojů na úseku 4

$$n_4 = 0,56 \cdot n_{c7} = 0,56 \cdot 18$$

$$n_4 = 10$$
[1]

Počet spojů na úseku 6

$$n_6 = 0,44 \cdot n_{c7} = 0,44 \cdot 18$$

$$n_6 = 8$$
[1]

Tab. č. 5.3: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 7 - varianta a

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
7 nové a	Máj, Antonína Barcala – Náměstí Bratří Čapků	7	37	10	259	70	65527	7840	73367
	Máj, Antonína Barcala – Vrábče	16	29	8	464	128	117392	14336	131728
Σ			66	18	723	198	182919	22176	205095
7 nové a	Náměstí Bratří Čapků - Máj, Antonína Barcala	7	37	10	259	70	65527	7840	73367
	Vrábče - Máj, Antonína Barcala	16	29	8	464	128	117392	14336	131728
Σ			66	18	723	198	182919	22176	205095
									Σ 410190

Celkový kilometrický proběh varianty a je o 104 463 km/rok nižší než v současném stavu.

5.2.3 Linka 7 varianta b

Úsek 1 Máj, Antonína Barcala - Nemocnice budou obsluhovat trolejbusy, úsek 5 Nemocnice - Vrábče autobusy. Vycházím ze současného stavu kdy je na linku nasazeno denně 8 vozidel.

Úsek 1 Máj, Antonína Barcala - Nemocnice; Po - Pá

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 8:00, odpolední 14:00 ÷ 17:30. Interval ve špičce je $i_{sp} = 10 \text{ min.}$

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 6,5}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 6,5}{10} \quad [1]$$

$$n_{sp} = 39$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 8:00 ÷ 14:00, interval v sedle je $i_{se} = 20 \text{ min.}$ Po 17:30 a před 5:00 bude na úseku provozováno dohromady 11 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 6}{i_{se}} + 11 = \frac{60 \cdot 6}{20} + 11 \quad [1]$$

$$n_{se} = 29$$

Celkový počet spojů na úseku 1

$$\begin{aligned} n_1 &= n_{\dot{s}p} + n_{se} = 39 + 29 \\ n_1 &= 68 \end{aligned} \quad [1]$$

Úsek 1 Máj, Antonína Barcala - Nemocnice; So - Ne

O víkendu bude na úsek 1 nasazeno 18 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 1h. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Úsek 5 Nemocnice - Vrábče; Po - Pá

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 8:00, odpolední 14:30 ÷ 17:30. Interval ve špičce je $i_{\dot{s}p} = 12 \text{ min.}$

$$\begin{aligned} n_{\dot{s}p} &= \frac{60 \cdot 6}{i_{\dot{s}p}} = \frac{60 \cdot 6}{12} \\ n_{\dot{s}p} &= 30 \end{aligned} \quad [1]$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 8:00 ÷ 14:30, interval v sedle je $i_{se} = 60 \text{ min.}$ Po 17:30 a před 5:00 bude na úseku provozováno dohromady 10 spojů.

$$\begin{aligned} n_{se} &= \frac{60 \cdot 6,5}{i_{se}} + 10 = \frac{60 \cdot 6,5}{60} + 10 \\ n_{se} &= 17 \end{aligned} \quad [1]$$

Celkový počet spojů na úseku 5

$$\begin{aligned} n_5 &= n_{\dot{s}p} + n_{se} = 30 + 17 \\ n_5 &= 47 \end{aligned} \quad [1]$$

Úsek 5 Nemocnice - Vrábče; So - Ne

O víkendu bude úsek 5 nasazeno 18 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 1h. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Tab. č. 5.4: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 7 - varianta b

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
7 nové b	Máj, Antonína Barcala – Nemocnice	6	68	18	408	108	103224	12096	115320
	Nemocnice – Vrábče	10	47	18	470	180	118910	20160	139070
Σ			115	36	878	288	222134	32256	254390
7 nové b	Nemocnice - Máj, Antonína Barcala	6	68	18	408	108	103224	12096	115320
	Vrábče - Nemocnice	10	47	18	470	180	118910	20160	139070
Σ			115	36	878	288	222134	32256	254390
								Σ	508780

Celkový kilometrický proběh varianty b je o 5 873 km/rok nižší než v současném stavu.

5.2.5 Linka 7 varianta c

Úsek 4 Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků budou obsluhovat trolejbusy, úsek 3 Náměstí Bratří Čapků - Vrábče autobusy. Vycházím ze současného stavu kdy je na linku nasazeno denně 8 vozidel.

Úsek 4 Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků; Po - Pá

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 8:00, odpolední 14:00 ÷ 17:30. Interval ve špičce je $i_{sp} = 10 \text{ min.}$

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 6,5}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 6,5}{10} \quad [1]$$

$$n_{sp} = 39$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 8:00 ÷ 14:00, interval v sedle je $i_{se} = 20 \text{ min.}$ Po 17:30 a před 5:00 bude na úseku provozováno dohromady 11 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 6}{i_{se}} + 11 = \frac{60 \cdot 6}{20} + 11 \quad [1]$$

$$n_{se} = 29$$

Celkový počet spojů na úseku 4

$$\begin{aligned} n_4 &= n_{sp} + n_{se} = 39 + 29 \\ n_4 &= 68 \end{aligned} \quad [1]$$

Úsek 4 Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků; So - Ne

O víkendu bude na úsek 4 nasazeno 18 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 1h. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Úsek 3 Náměstí Bratří Čapků - Vrábče; Po - Pá

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 8:00, odpolední 14:30 ÷ 17:30. Interval ve špičce je $i_{sp} = 12 \text{ min.}$

$$\begin{aligned} n_{sp} &= \frac{60 \cdot 6}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 6}{12} \\ n_{sp} &= 30 \end{aligned} \quad [1]$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 8:00 ÷ 14:30, interval v sedle je $i_{se} = 60 \text{ min.}$ Po 17:30 a před 5:00 bude na úseku provozováno dohromady 10 spojů.

$$\begin{aligned} n_{se} &= \frac{60 \cdot 6,5}{i_{se}} + 10 = \frac{60 \cdot 6,5}{60} + 10 \\ n_{se} &= 17 \end{aligned} \quad [1]$$

Celkový počet spojů na úseku 3

$$\begin{aligned} n_3 &= n_{sp} + n_{se} = 30 + 17 \\ n_3 &= 47 \end{aligned} \quad [1]$$

Úsek 3 Náměstí Bratří Čapků - Vrábče; So - Ne

O víkendu bude úsek 3 nasazeno 18 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 1h. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Tab. č. 5.5: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 7 – varianta c

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
7 nové c	Máj, Antonína Barcala – Náměstí Bratří Čapků	7	68	18	476	126	120428	14112	134540
	Náměstí Bratří Čapků – Vrábče	9	47	18	423	162	107019	18144	125163
Σ			115	36	899	288	227447	32256	259703
7 nové c	Náměstí Bratří Čapků - Máj, Antonína Barcala	7	68	18	476	126	120428	14112	134540
	Vrábče - Náměstí Bratří Čapků	9	47	18	423	162	107019	18144	125163
Σ			115	36	899	288	227447	32256	259703
								Σ	519406

Celkový kilometrický proběh varianty c je o 4 753 km/rok vyšší než v současném stavu.

5.3 Linka 19

5.3.1 Linka 19 varianta a; Po - Pá

Model vybral úseky 1 Dobrá Voda - Nádraží, 3 Dobrá Voda - Vltava.

Počet vozidel, které se objeví během každé hodiny v zastávce Dobrá Voda

Model přiřadil na linku celkem 6 vozidel.

x_1 ... počet vozidel nasazených na úsek 1 (Dobrá Voda - Nádraží), podle modelu $x_1 = 1$.

o_1 ... oběžná doba na úseku 1, $o_1 = 45$ min.

$x_3 = 5$, $o_3 = 85$ min.

$$N = x_1 \cdot \frac{60}{o_1} + x_3 \cdot \frac{60}{o_3} = 1 \cdot \frac{60}{45} + 5 \cdot \frac{60}{85} \quad [1]$$

$$N = 4,9 \approx 5$$

Hodnota musí být zaokrouhlena na celý počet vozidel. Jelikož minimální poměrná rezerva je podle modelu 1 $y = 1,14$, je možno zaokrouhlit počet vozidel na 5.

Interval ve špičce

$$i_{sp} = \frac{60}{N} = \frac{60}{5} \quad [\text{min}]$$

$$i_{sp} = 12 \text{ min}$$

Procentuální podíl spojů na úseku 1 Dobrá Voda - Nádraží

$$p_1 = \frac{x_1 \cdot \frac{60}{o_1}}{N} \cdot 100 = \frac{x_1 \cdot 60}{o_1 \cdot N} \cdot 100 = \frac{1 \cdot 60}{45 \cdot 4,9} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$p_1 = 27\%$$

Procentuální podíl spojů na úseku 3 Dobrá Voda - Vltava

$$p_3 = \frac{x_3 \cdot \frac{60}{o_3}}{N} \cdot 100 = \frac{x_3 \cdot 60}{o_3 \cdot N} \cdot 100 = \frac{5 \cdot 60}{85 \cdot 4,9} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$p_3 = 73\%$$

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 8:00, odpolední 14:00 ÷ 17:00. Interval ve špičce je $i_{sp} = 12 \text{ min.}$

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 6}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 6}{12} \quad [1]$$

$$n_{sp} = 30$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 8:00 ÷ 14:00, interval v sedle je $i_{se} = 30 \text{ min.}$ Po 17:00 a před 5:00 bude na lince provozováno dohromady 13 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 6}{i_{se}} + 13 = \frac{60 \cdot 6}{30} + 13 \quad [1]$$

$$n_{se} = 25$$

Celkový počet spojů na lince 19

$$n_{c19} = n_{sp} + n_{se} = 30 + 25 \quad [1]$$

$$n_{c19} = 55$$

Počet spojů na úseku 1

Podíl tohoto úseku na celkovém počtu spojů je 27%.

$$n_1 = 0,27 \cdot n_{c19} = 0,27 \cdot 55 \quad [1]$$

$$n_1 = 15$$

Počet spojů na úseku 3

Podíl tohoto úseku na celkovém počtu spojů je 73%.

$$n_3 = 0,73 \cdot n_{c19} = 0,73 \cdot 55$$

$$n_3 = 40$$

[1]

Linka 19 varianta a; So - Ne

O víkendu bude na linku 19 nasazeno 27 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 40 min. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Počet spojů na úseku 1

$$n_1 = 0,27 \cdot n_{c19} = 0,27 \cdot 27$$

$$n_1 = 7$$

[1]

Počet spojů na úseku 3

$$n_3 = 0,73 \cdot n_{c19} = 0,73 \cdot 27$$

$$n_3 = 20$$

[1]

Tab. č. 5.6: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 19 - varianta a

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
19 nové a	Dobrá Voda - Nádraží	6	15	7	90	42	22770	4704	27474
	Dobrá Voda - Vltava	11	40	20	440	220	111320	24640	135960
Σ			55	27	530	262	134090	29344	163434
19 nové a	Nádraží - Dobrá Voda	6	15	7	90	42	22770	4704	27474
	Vltava - Dobrá Voda	11	40	20	440	220	111320	24640	135960
Σ			55	27	530	262	134090	29344	163434
								Σ	326868

Celkový kilometrický proběh varianty a je o 6 553 km/rok vyšší než v současném stavu.

5.4.4 Linka 19 varianta b

Úsek 1 Dobrá Voda - Nádraží budou obsluhovat autobusy, úsek 2 Nádraží - Vltava trolejbusy.

Úsek 1 Dobrá Voda - Nádraží; Po - Pá

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 8:00, odpolední 14:00 ÷ 17:00. Interval ve špičce je $i_{sp} = 15$ min.

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 6}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 6}{15} \quad [1]$$

$$n_{sp} = 24$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 8:00 ÷ 14:00, interval v sedle je $i_{se} = 40$ min. Po 18:00 a před 5:00 bude na úseku provozováno dohromady 13 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 6}{i_{se}} + 13 = \frac{60 \cdot 6}{40} + 13 \quad [1]$$

$$n_{se} = 22$$

Celkový počet spojů na úseku 1

$$n_1 = n_{sp} + n_{se} = 24 + 22 \quad [1]$$

$$n_1 = 46$$

Úsek 1 Dobrá Voda - Nádraží; So - Ne

O víkendu bude na úsek 1 nasazeno 27 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 40 min. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Úsek 2 Nádraží - Vltava; Po - Pá

Počet spojů ve špičce

Ranní špička je v časovém rozmezí 5:00 ÷ 8:00, odpolední 14:00 ÷ 17:00. Interval ve špičce je $i_{sp} = 15$ min.

$$n_{sp} = \frac{60 \cdot 6}{i_{sp}} = \frac{60 \cdot 6}{15} \quad [1]$$

$$n_{sp} = 24$$

Počet spojů v sedle

Sedlo je v časovém rozmezí 8:00÷14:00, interval v sedle je $i_{se} = 40 \text{ min.}$ Po 18:00 a před 5:00 bude na úseku provozováno dohromady 13 spojů.

$$n_{se} = \frac{60 \cdot 6}{i_{se}} + 13 = \frac{60 \cdot 6}{40} + 13 \quad [1]$$

$$n_{se} = 22$$

Celkový počet spojů na úseku 2

$$n_2 = n_{sp} + n_{se} = 24 + 22$$

$$n_2 = 46 \quad [1]$$

Úsek 2 Nádraží - Vltava; So - Ne

O víkendu bude na úsek 2 nasazeno 27 spojů, což odpovídá celodennímu intervalu 40min. Tento interval přibližně odpovídá současnému stavu.

Tab. č. 5.7: Počet spojů a kilometrický proběh vozidel na lince 19 – varianta b

linka	úsek	km	Počet spojů		km/den		km/rok		
			Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	Po-Pá	So-Ne	celkem
19 nové b	Dobrá Voda - Nádraží	6	46	27	276	162	69828	18144	87972
	Nádraží - Vltava	5	46	27	230	135	58190	15120	73310
Σ			92	54	506	297	128018	33264	161282
19 nové b	Nádraží - Dobrá Voda	6	46	27	276	162	69828	18144	87972
	Vltava - Nádraží	5	46	27	230	135	58190	15120	73310
Σ			92	54	506	297	128018	33264	161282
								Σ	322564

Celkový kilometrický proběh varianty a je o 2 249 km/rok vyšší než v současném stavu.

6 Vyhodnocení návrhů

V tomto bodě budou jednotlivé návrhy zhodnoceny z hlediska ekonomického, technického a kapacitního.

6.1 Kalkulační vzorec

Kalkulační vzorec slouží k vyčíslení nákladů dopravní společnosti za rok a v přepočtu též na jeden vozkm. Lze jej použít pro silniční i městskou dopravu a má následující strukturu:

1. *Pohonné hmoty a trakční energie*

Náklady na motorovou naftu (benzin) spotřebovanou dopravními prostředky přepravujícími osoby v hromadné osobní dopravě, na motorový olej, trakční energie trolejbusů, tramvají a vozidel rychlodráhy.

2. *Přímý materiál*

Náklady na pneumatiky, protektory, vzdušnice, vložky, ventily, ostatní přímý materiál jako je nemrznoucí směs, konzervační a speciální oleje, čisticí prostředky.

3. *Přímé mzdy*

Mzdy jízdního personálu

4. *Přímé odpisy*

Odpisy dopravních prostředků, dopravních cest a dopravních zařízení (napájecího systému, zabezpečovacího systému apod.).

5. *Přímé opravy a údržba*

Opravy dopravních prostředků, dopravních cest a dopravních zařízení (napájecího systému, zabezpečovacího systému apod.).

6. *Ostatní přímé náklady*

Nájem autobusů, zákonné pojistné z mezd jízdního personálu, sociální náklady, pojistné vozidel, daně a poplatky za vozidla, náklady na pracovní oděv, obuv a ochranné pomůcky, cestovní náhrady řidičů, odpisy a spotřeba drobného hmotného a nehmotného investičního majetku v provozu hromadné osobní dopravy.

7. *Přímé náklady celkem*

Součet položek 1 až 6.

8. *Provozní režie*

Spotřeba režijního materiálu, energie, vody, tepla, páry a nákladů na opravy a odpisy budov zabezpečujících provoz hromadné osobní dopravy, spotřeba jízdenek, poplatky v souvislosti s provozem, strážní služba apod.

9. *Vlastní náklady provozu – náklady výkonu*

Součet položek 7 a 8.

10. *Správní režie podniku*

Spotřeba režijního materiálu, energie, pohonných hmot, olejů, tepla, vody, mzdové náklady, zákonné pojištění, sociální náklady, odpisy budov apod., pro správu podniku.

11. *Vlastní náklady celkem*

Součet položek 9 a 10 ^[4].

Jednicové náklady na jednotlivé položky kalkulačního vzorce byly zjištěny v Dopravním podniku města České Budějovice, a.s., Městském dopravním podniku Opava, a.s. a v Dopravním podniku Ostrava, a.s.

6.2 **Linka 1**

U linky 1 jsou posuzovány 3 varianty. První varianta vychází z výsledků modelu. Úseky Máj, Milady Horákové - Nádraží, Máj, Milady Horákové - Vráto a Máj, Milady Horákové - Rudolfovo budou obsluhovat autobusy.

Druhá varianta také vychází z výsledků modelu, avšak úsek Máj, Milady Horákové - Nádraží, Máj, Milady Horákové - Vráto budou obsluhovat trolejbusy a úsek Máj, Milady Horákové - Rudolfovo budou obsluhovat duobusy.

Třetím návrhem je posuzováno nasazení trolejbusů na úsek Máj, Milady Horákové - Nádraží a autobusů na úsek Nádraží - Rudolfovo.

U všech variant potom platí, že úsek Haklovy Dvory - Máj, Milady Horákové obsluhují autobusy s nižší obsaditelností. Náklady na provoz těchto autobusů jsou ke všem variantám přičteny.

[4] SUROVEC, P. *Provoz a ekonomika silniční dopravy I.* 1.vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2000. 119 s. ISBN 80-7078-735-X

6.2.1 Současný stav

Tab. 6.1: Kalkulační vzorec současného stavu na lince 1

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozk
Pohonné hmoty a trakční energie		5 735 504	10,18
Přímý materiál	pneumatiky	180 291	0,32
	provozní kapaliny	61 975	0,11
Přímé mzdy		4 208 665	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	2 163 491	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	2 529 706	4,49
Ostatní přímé náklady		822 577	1,46
Přímé náklady celkem		15 702 209	
Provozní režie		557 775	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		16 259 984	
Správní režie podniku		219 730	0,39
Vlastní náklady celkem		16 479 713	
Vozkm celkem	563 409		

Celkové náklady na provoz linky 1 činí v současnosti 16 479 713 Kč/rok.

6.2.2 Varianta a

Úseky Máj, Milady Horákové - Nádraží, Máj, Milady Horákové - Vráto a Máj, Milady Horákové - Rudolfovo budou obsluhovat kloubové autobusy. Návrh vzešel z výsledků modelu.

Tab. 6.2: Kalkulační vzorec úseku Haklovy Dvory - Máj, Milady Horákové na lince 1, jež obsluhují autobusy s nižší obsaditelností

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozk
Pohonné hmoty a trakční energie		449 436	5,20
Přímý materiál	pneumatiky	27 658	0,32
	provozní kapaliny	9 507	0,11
Přímé mzdy		645 632	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	331 891	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	103 716	1,20
Ostatní přímé náklady		126 188	1,46
Přímé náklady celkem		1 694 028	
Provozní režie		85 566	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		1 779 594	
Správní režie podniku		33 708	0,39
Vlastní náklady celkem		1 813 301	
Vozkm celkem	86 430		

Tab. 6.3: Kalkulační vzorec varianty a na lince 1 - úseky Máj, Milady Horákové - Nádraží, Máj, Milady Horákové - Vráto a Máj, Milady Horákové - Rudolfov obsluhují kloubové autobusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		4 426 284	10,18
Přímý materiál	pneumatiky	139 137	0,32
	provozní kapaliny	47 828	0,11
Přímé mzdy		3 247 971	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 669 640	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 952 261	4,49
Ostatní přímé náklady		634 811	1,46
Přímé náklady celkem		12 117 932	
Provozní režie		430 454	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		12 548 386	
Správní režie podniku		169 573	0,39
Vlastní náklady celkem		12 717 959	
Vozkm celkem	434 802		
Celkem varianta a		14 531 260	
Rozdíl oproti současnému stavu		1 948 453	

Celkové náklady na provoz autobusů na lince 1 by po této úpravě činily 14 531 260 Kč/rok, včetně úseku Haklovy Dvory - Máj, Milady Horákové obsluhovaném autobusy s nižší obsaditelností, což je o 1 948 453 Kč/rok méně než v současnosti.

6.2.3 Varianta b

Úseky Máj, Milady Horákové - Nádraží, Máj, Milady Horákové - Vráto budou obsluhovat trolejbusy a úsek Máj, Milady Horákové - Rudolfov budou obsluhovat duobusy. Tento návrh počítá se zatrolejováním úseku Nádraží - Vráto, což se projevilo v položkách přímé odpisy dopravních zařízení a přímé opravy a údržba dopravních zařízení.

Tab. 6.4: Kalkulační vzorec varianty b na lince 1 - úseky Máj, Milady Horákové - Nádraží, Máj, Milady Horákové - Vrátó obsluhují trolejbusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozk
Pohonné hmoty a trakční energie		1 049 256	4,74
Přímý materiál	pneumatiky	70 836	0,32
	provozní kapaliny	13 282	0,06
Přímé mzdy		1 653 574	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 078 033	4,87
	dopravní zařízení	575 541	2,60
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	993 915	4,49
	dopravní zařízení	221 362	1,00
Ostatní přímé náklady		323 189	1,46
Přímé náklady celkem		5 978 988	
Provozní režie		219 148	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		6 198 136	
Správní režie podniku		86 331	0,39
Vlastní náklady celkem		6 284 467	
Vozkm celkem		221 362	

Tab. 6.5: Kalkulační vzorec varianty b na lince 1 - úsek Máj, Milady Horákové - Rudolfův obsluhují duobusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozk
Pohonné hmoty a trakční energie		1 173 920	5,50
Přímý materiál	pneumatiky	68 301	0,32
	provozní kapaliny	23 478	0,11
Přímé mzdy		1 594 397	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 067 200	5,00
	dopravní zařízení	426 880	2,00
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	958 346	4,49
	dopravní zařízení	213 440	1,00
Ostatní přímé náklady		311 622	1,46
Přímé náklady celkem		5 837 584	
Provozní režie		211 306	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		6 048 890	
Správní režie podniku		83 242	0,39
Vlastní náklady celkem		6 132 131	
Vozkm celkem		213 440	
Celkem varianta b		14 229 900	
Rozdíl oproti současnému stavu		2 249 813	

Celkové náklady na provoz trolejbusů, duobusů a autobusů s nižší obsaditelností na lince 1 by činily 14 229 900 Kč/rok, což je o 2 249 813 Kč/rok méně než v současnosti.

6.2.4 Varianta c

Třetím návrhem je posuzováno nasazení trolejbusů na úsek Máj, Milady Horákové - Nádraží a autobusů na úsek Nádraží - Rudolfovo. Jedná se o vlastní návrh.

Jelikož celý úsek, na kterém by byly nasazeny trolejbusy, je již dnes zatrolejován, nejsou uvažovány v kalkulačním vzorci přímé odpisy dopravních zařízení, neboť ty jsou již dnes zahrnuty v kalkulačních vzorcích jiných linek.

Tab. 6.6: Kalkulační vzorec varianty c na lince 1 - úsek Máj, Milady Horákové - Nádraží obsluhují trolejbusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozk
Pohonné hmoty a trakční energie		1 323 313	4,74
Přímý materiál	pneumatiky	89 338	0,32
	provozní kapaliny	16 751	0,06
Přímé mzdy		2 085 475	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 359 607	4,87
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 253 518	4,49
	dopravní zařízení	279 180	1,00
Ostatní přímé náklady		407 603	1,46
Přímé náklady celkem		6 814 784	
Provozní režie		276 388	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		7 091 172	
Správní režie podniku		108 880	0,39
Vlastní náklady celkem		7 200 052	
Vozkm celkem	279 180		

Tab. 6.7: Kalkulační vzorec varianty c na lince 1 - úsek Nádraží - Rudolfov obsluhují kloubové autobusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozk
Pohonné hmoty a trakční energie		2 661 765	10,18
Přímý materiál	pneumatiky	83 670	0,32
	provozní kapaliny	28 762	0,11
Přímé mzdy		1 953 181	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 004 045	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 174 000	4,49
Ostatní přímé náklady		381 746	1,46
Přímé náklady celkem		7 287 169	
Provozní režie		258 855	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		7 546 024	
Správní režie podniku		101 973	0,39
Vlastní náklady celkem		7 647 998	
Vozkm celkem	261 470		
Celkem varianta c		16 661 351	
Rozdíl oproti současnému stavu		- 181 638	

Celkové náklady na provoz trolejbusů, autobusů a autobusů s nižší obsaditelností na lince 1 by po této úpravě činily 16 661 351 Kč/rok, což je o 181 638 Kč/rok více než v současnosti.

Na lince 1 vyšly ekonomicky dva návrhy lépe, než činí současný stav. Z těchto dvou návrhů preferuji variantu b, kdy úsek Haklovy Dvory - Máj, Milady Horákové obsluhují autobusy s nižší obsaditelností, úsek Máj, Milady Horákové - Nádraží, Máj, Milady Horákové - Vráto budou obsluhovat trolejbusy a úsek Máj, Milady Horákové - Rudolfov budou obsluhovat duobusy. Jednak je tento návrh z hlediska nákladů na provoz výhodnější než současný stav (2 249 813 Kč/rok méně než v současnosti) a navíc díky použití trolejbusů a duobusů dochází k šetření životního prostředí.

6.3 Linka 7

U linky 7 jsou posuzovány také 3 varianty. První varianta vychází z výsledků modelu. Úseky Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků a Máj, Antonína Barcala - Vrábče budou obsluhovat autobusy.

Druhá varianta je vlastním návrhem a posuzuje nasazení trolejbusů na úsek Máj, Antonína Barcala - Nemocnice a autobusů na úsek Nemocnice - Vrábče.

Třetí varianta je stejně jako druhá vlastní návrh a posuzuje nasazení trolejbusů na úsek Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků a autobusů na úsek Náměstí Bratří Čapků - Vrábče.

Druhá a třetí varianta bude posuzována komplexně s varinatou b a c u linky 19. Předpokladem je totiž zatrolejování úseku, kterým projíždí obě linky (Výstaviště - Ludvíka Svobody) a tedy náklady na výstavbu a údržbu trolejového vedení budou rozloženy mezi linky 7 a 19.

6.3.1 Současný stav

Jelikož na lince jsou nasazeny jak kloubové autobusy, tak autobusy o délce 15 m, je brán kompromis v nákladech na pohonné hmoty.

Tab. 6.8: Kalkulační vzorec současného stavu na lince 7

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozk
Pohonné hmoty a trakční energie		4 724 515	9,18
Přímý materiál	pneumatiky	164 689	0,32
	provozní kapaliny	56 612	0,11
Přímé mzdy		3 844 458	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 976 268	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	2 310 792	4,49
Ostatní přímé náklady		751 393	1,46
Přímé náklady celkem		13 828 726	
Provozní režie		509 506	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		14 338 233	
Správní režie podniku		200 715	0,39
Vlastní náklady celkem		14 538 947	
Vozkm celkem	514 653		

Celkové náklady na provoz linky 7 činí v současnosti 14 538 947 Kč/rok.

6.3.2 Varianta a

Úseky Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků a Máj, Antonína Barcala - Vrábče budou obsluhovat autobusy o délce 15 m. Návrh vzešel z výsledků modelu.

Tab. 6.9: Kalkulační vzorec varianty a na lince 7 - úseky Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků a Máj, Antonína Barcala - Vrábče obsluhují autobusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		3 765 544	9,18
Přímý materiál	pneumatiky	131 261	0,32
	provozní kapaliny	45 121	0,11
Přímé mzdy		3 064 119	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 575 130	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 841 753	4,49
Ostatní přímé náklady		598 877	1,46
Přímé náklady celkem		11 021 805	
Provozní režie		406 088	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		11 427 893	
Správní režie podniku		159 974	0,39
Vlastní náklady celkem		11 587 868	
Vozkm celkem	410 190		
Rozdíl oproti současnému stavu		2 951 080	

Celkové náklady na provoz autobusů na lince 7 by po této úpravě činily 11 587 868 Kč/rok, což je o 2 951 080 Kč/rok méně než v současnosti.

6.3.3 Varianta b

Úsek Máj, Antonína Barcala - Nemocnice budou obsluhovat trolejbusy (délka trolejbusů 15 m) a úsek Nemocnice - Vrábče budou obsluhovat autobusy (12 m). S tímto návrhem musí dojít k zatrolejování úseku Výstaviště - Ludvíka Svobody, což se projevilo v položkách přímé odpisy dopravních zařízení a přímé opravy a údržba dopravních zařízení.

Tab. 6.10: Kalkulační vzorec varianty b na lince 7 - úsek Máj, Antonína Barcala - Nemocnice obsluhují trolejbusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		980 220	4,25
Přímý materiál	pneumatiky	73 805	0,32
	provozní kapaliny	13 838	0,06
Přímé mzdy		1 722 881	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 123 217	4,87
	dopravní zařízení	387 475	1,68
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 035 574	4,49
	dopravní zařízení	161 448	0,70
Ostatní přímé náklady		336 734	1,46
Přímé náklady celkem		5 835 192	
Provozní režie		228 334	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		6 063 526	
Správní režie podniku		89 950	0,39
Vlastní náklady celkem		6 153 475	
Vozkm celkem		230 640	

Tab. 6.11: Kalkulační vzorec varianty b na lince 7 - úsek Nemocnice - Vrábče obsluhují autobusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		2 275 185	8,18
Přímý materiál	pneumatiky	89 005	0,32
	provozní kapaliny	30 595	0,11
Přímé mzdy		2 077 706	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 068 058	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 248 849	4,49
Ostatní přímé náklady		406 084	1,46
Přímé náklady celkem		7 195 482	
Provozní režie		275 359	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		7 470 840	
Správní režie podniku		108 475	0,39
Vlastní náklady celkem		7 579 315	
Vozkm celkem		278 140	
Celkem varianta b		13 732 790	
Rozdíl oproti současnému stavu		806 157	

Celkové náklady na provoz trolejbusů a autobusů na lince 7 by po této úpravě činily 13 732 790 Kč/rok, což je o 806 157 Kč/rok méně než v současnosti.

6.3.4 Varianta c

Ve třetím návrhu je posuzováno nasazení trolejbusů (15 m) na úsek Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků a autobusů (10 m - z důvodu nižších frekvencí na úseku

Náměstí Bratří Čapků - Vrábče) na úsek Náměstí Bratří Čapků - Vrábče. Opět musí dojít k zatrolejování úseku Výstaviště - Ludvíka Svobody. Toto zatrolejování se projeví i u linky 19. Náklady na výstavbu a údržbu trolejového vedení je rozděleno právě mezi linky 7 a 19.

Tab. 6.12: Kalkulační vzorec varianty c na lince 7 - úsek Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků obsluhují trolejbusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		1 143 590	4,25
Přímý materiál	pneumatiky	86 106	0,32
	provozní kapaliny	16 145	0,06
Přímé mzdy		2 010 028	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 310 420	4,87
	dopravní zařízení	387 475	1,44
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 208 169	4,49
	dopravní zařízení	161 448	0,60
Ostatní přímé náklady		392 857	1,46
Přímé náklady celkem		6 716 237	
Provozní režie		266 389	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		6 982 626	
Správní režie podniku		104 941	0,39
Vlastní náklady celkem		7 087 567	
Vozkm celkem	269 080		

Tab. 6.13: Kalkulační vzorec varianty c na lince 7 - úsek Náměstí Bratří Čapků - Vrábče obsluhují autobusy s nižší obsaditelností

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		1 752 282	7,00
Přímý materiál	pneumatiky	80 104	0,32
	provozní kapaliny	27 536	0,11
Přímé mzdy		1 869 935	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	961 252	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 123 964	4,49
Ostatní přímé náklady		365 476	1,46
Přímé náklady celkem		6 180 549	
Provozní režie		247 823	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		6 428 372	
Správní režie podniku		97 627	0,39
Vlastní náklady celkem		6 525 999	
Vozkm celkem	250 326		
Celkem varianta c		13 613 566	
Rozdíl oproti současnému stavu		925 381	

Celkové náklady na provoz trolejbusů a autobusů na lince 7 by po této úpravě činily 13 613 566 Kč/rok, což je o 925 381 Kč/rok méně než v současnosti.

Na lince 7 vyšly ekonomicky všechny tři návrhy lépe, než činí současný stav. I když varianta a, která byla inspirovaná výsledky matematického modelu, vyšla nejlépe, navrhuji zvolit variantu c, kdy úsek Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků obsluhují trolejbusy (15 m) a úsek Náměstí Bratří Čapků - Vrábče autobusy s nižší obsaditelností (10 m). Jednak je tento návrh z hlediska nákladů na provoz výhodnější než současný stav (o 925 381 Kč/rok méně než v současnosti) a navíc díky použití trolejbusů dochází k šetření životního prostředí.

6.4 Linka 19

U linky 19 jsou posuzovány 3 varianty. První varianta vychází z výsledků modelu. Úseky Dobrá Voda - Nádraží a Dobrá Voda - Vltava budou obsluhovat autobusy.

Druhá varianta posuzuje nasazení trolejbusů na úsek Nádraží - Vltava a autobusů na úsek Dobrá Voda - Nádraží. Jedná se o vlastní návrh.

Třetí varianta je stejně jako druhá vlastní návrh posuzuje nasazení duobusů na celou linku č. 19.

6.4.1 Současný stav

Tab. 6.14: Kalkulační vzorec současného stavu na lince 19

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozk
Pohonné hmoty a trakční energie		2 620 177	8,18
Přímý materiál	pneumatiky	102 501	0,32
	provozní kapaliny	35 235	0,11
Přímé mzdy		2 392 753	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 230 010	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 438 214	4,49
Ostatní přímé náklady		467 660	1,46
Přímé náklady celkem		8 286 549	
Provozní režie		317 112	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		8 603 661	
Správní režie podniku		124 923	0,39
Vlastní náklady celkem		8 728 584	
Vozkm celkem		320 315	

Celkové náklady na provoz linky 19 činí v současnosti 8 728 584 Kč/rok.

6.4.2 Varianta a

Úseky Dobrá Voda - Nádraží a Dobrá Voda - Vltava budou obsluhovat autobusy (12 m). Návrh vzešel z výsledků modelu.

Tab. 6.15: Kalkulační vzorec varianty a na lince 19 - Úseky Dobrá Voda - Nádraží a Dobrá Voda - Vltava obsluhují autobusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		2 673 780	8,18
Přímý materiál	pneumatiky	104 598	0,32
	provozní kapaliny	35 955	0,11
Přímé mzdy		2 441 704	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 255 173	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 467 637	4,49
Ostatní přímé náklady		477 227	1,46
Přímé náklady celkem		8 456 075	
Provozní režie		323 599	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		8 779 674	
Správní režie podniku		127 479	0,39
Vlastní náklady celkem		8 907 153	
Vozkm celkem	326 868		
Rozdíl oproti současnému stavu		- 178 569	

Celkové náklady na provoz autobusů na lince 19 by po této úpravě činily 8 907 153 Kč/rok, což je o 170 569 Kč/rok více než v současnosti.

6.4.3 Varianta b

Ve druhé variantě je posuzováno nasazení trolejbusů (12 m) na úsek Nádraží - Vltava a autobusů (12 m) na úsek Dobrá Voda - Nádraží. Při tomto návrhu musí dojít k zatrolejování úseku Výstaviště - Ludvíka Svobody, stejného úseku jako u linky 7.

Tab. 6.16: Kalkulační vzorec varianty b na lince 19 - úsek Nádraží - Vltava obsluhují trolejbusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		549 825	3,75
Přímý materiál	pneumatiky	46 918	0,32
	provozní kapaliny	8 797	0,06
Přímé mzdy		1 095 251	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	714 039	4,87
	dopravní zařízení	387 077	2,64
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	658 324	4,49
	dopravní zařízení	161 282	1,10
Ostatní přímé náklady		214 065	1,46
Přímé náklady celkem		3 835 579	
Provozní režie		145 154	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		3 980 733	
Správní režie podniku		57 182	0,39
Vlastní náklady celkem		4 037 915	
Vozkm celkem		146 620	

Tab. 6.17: Kalkulační vzorec varianty b na lince 19 - úsek Dobrá Voda - Nádraží obsluhují autobusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		1 439 222	8,18
Přímý materiál	pneumatiky	56 302	0,32
	provozní kapaliny	19 354	0,11
Přímé mzdy		1 314 302	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	675 625	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	789 989	4,49
Ostatní přímé náklady		256 878	1,46
Přímé náklady celkem		4 551 671	
Provozní režie		174 185	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		4 725 856	
Správní režie podniku		68 618	0,39
Vlastní náklady celkem		4 794 474	
Vozkm celkem		175 944	
Celkem varianta b		8 832 389	
Rozdíl oproti současnému stavu		- 103 805	

Celkové náklady na provoz trolejbusů a autobusů na lince 19 by po této úpravě činily 8 832 389 Kč/rok, což je o 103 805 Kč/rok více než v současnosti.

6.4.4 Varianta c

Třetí varianta je stejně jako druhá vlastní návrh a posuzuje nasazení duobusů na celou linku č. 19. Opět musí dojít k zatrolejování úseku Výstaviště - Ludvíka Svobody.

Tab. 6.18: Kalkulační vzorec varianty c na lince 19 – linka je obsluhována duobusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		1 761 733	5,50
Přímý materiál	pneumatiky	102 501	0,32
	provozní kapaliny	35 235	0,11
Přímé mzdy		2 392 753	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 601 575	5,00
	dopravní zařízení	387 581	1,21
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 438 214	4,49
	dopravní zařízení	160 158	0,50
Ostatní přímé náklady		467 660	1,46
Přímé náklady celkem		8 347 409	
Provozní režie		317 112	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		8 664 521	
Správní režie podniku		124 923	0,39
Vlastní náklady celkem		8 789 444	
Vozk celkem	320 315		
Rozdíl oproti současnému stavu		- 60 860	

Celkové náklady na provoz duobusů na lince 19 by po této úpravě činil 8 789 444 Kč/rok, což je o 60 860 Kč/rok více než v současnosti.

Na lince 19 vyšly ekonomicky všechny tři návrhy hůře, než činí současný stav. Avšak, jak bylo předepsáno, linka 19 se posuzuje komplexně s linkou 7. U linky 7 byla doporučena varianta c, tedy úsek Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků, který obsluhují trolejbusy a úsek Náměstí Bratří Čapků - Vrábče jež je obsluhován autobusy. Náklady na provoz této varianty jsou výhodnější než současný stav o 925 381 Kč/rok.

Navrhují jako výslednou variantu linky 19 variantu c, tedy nasazení duobusů. Tato varianta vyšla ze všech návrhů nejlépe, co se týká hlediska ekonomického (o 60 860 Kč/rok více než v současnosti), avšak kompletně s linkou 7 je provoz linky 7 a 19 o 864 521 Kč/rok nižší než v současnosti. Navíc díky použití duobusů dochází k šetření životního prostředí.

6.5 Linka 11

U linky 11 je posuzována pouze jedna varianta a to možnost použití duobusů.

Tab. 6.19: Kalkulační vzorec současného stavu na lince 11

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		3 228 801	8,18
Přímý materiál	pneumatiky	126 310	0,32
	provozní kapaliny	43 419	0,11
Přímé mzdy		2 948 551	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 515 721	3,84
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 772 288	4,49
Ostatní přímé náklady		576 290	1,46
Přímé náklady celkem		10 211 381	
Provozní režie		390 772	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		10 602 152	
Správní režie podniku		153 940	0,39
Vlastní náklady celkem		10 756 093	
Vozkm. celkem		394 719	

Celkové náklady na provoz linky 11 činí v současnosti 10 756 093 Kč/rok.

6.5.1 Varianta a

U této linky je pouze jedna varianta a to možnost použití duobusů. Přesto i zde dojde k zatrolejování dalšího úseku a to úseku Strakonická Möbelix - U Trojice.

Tab. 6.20: Kalkulační vzorec varianty a na lince 11 – linku je obsluhována duobusy

Položka kalkulačního vzorce		Kč/rok	Kč/vozkm
Pohonné hmoty a trakční energie		2 170 955	5,50
Přímý materiál	pneumatiky	126 310	0,32
	provozní kapaliny	43 419	0,11
Přímé mzdy		2 948 551	7,47
Přímé odpisy	dopravní prostředky	1 973 595	5,00
	dopravní zařízení	394 719	1,00
Přímé opravy a údržba	dopravní prostředky	1 772 288	4,49
	dopravní zařízení	161 835	0,41
Ostatní přímé náklady		576 290	1,46
Přímé náklady celkem		10 167 961	
Provozní režie		390 772	0,99
Vlastní náklady provozu-náklady výkonu		10 558 733	
Správní režie podniku		153 940	0,39
Vlastní náklady celkem		10 712 674	
Vozkm. celkem		394 719	
Rozdíl oproti současnému stavu		43 419	

Celkové náklady na provoz duobusů na lince 11 by po této úpravě činily 10 712 674 Kč/rok, což je o 43 419 Kč/rok méně než v současnosti.

Návrh použití duobusů na lince 11 vyšel ekonomicky lépe. Náklady na provoz této varianty vyjdou o 43 419 Kč/rok méně než v současnosti, což není mnoho, ale je zde kladné hledisko v užití duobusů a tím v menším dopadu provozu linky na životní prostředí. Původně bylo v plánu zatrolejovat i úsek Nádraží - Dopravní podnik. Avšak tato varianta už z ekonomického hlediska lépe nevyšla.

6.6 Technické posouzení jednotlivých návrhů

Z technického hlediska návrhy vyhovují. Problém byl v nemožnosti zatrolejovat u linky 11 úsek vedoucí přes zastávku Dopravní podnik směrem k obci Staré Hodějovice z důvodu křížení linky s elektrifikovanou železniční dráhou. Došlo tedy pouze k zatrolejování úseku Strakonická Möbelix - U Trojice. U linky 7 a 19 Dopravní podnik zamýšlel zatrolejovat úsek Ludvíka Svobody - Výstaviště, který jsem také na zatrolejování navrhnul. Zatrolejování úseku Nádraží - Vráto u linky 1 by také nemělo činit provozu trolejbusů problémy. Avšak u linky 1 nebyla možnost při dělení linky uvést do návrhu úsek Rudolfova - Vráto. Ve Vráte totiž není možnost otočení dopravního prostředku směrem od Rudolfova ze stavebních důvodů.

6.7 Kapacitní posouzení jednotlivých návrhů

Z hlediska kapacitního vyhovují všechny návrhy. Do modelu byla zavedena kapacita vozidla a počet vozidel podle současného stavu, který je na linkách. Kapacita vozidel byla zvolena nižší než skutečná obsaditelnost, aby byl zajištěn komfort při přepravě. Průzkum obsazenosti vozidel byl uskutečněn ve školní pracovní dny v období 24. 11. - 10. 12. 2009, 06:00 ÷ 22:30 hodin. Průzkum prováděl Dopravní podnik města České Budějovice.

Matematický model dokonce u linky 1 ušetřil 3 vozidla, u linky 7 také 3 vozidla. U linky 19 však muselo být jedno vozidlo přidáno, jinak by nedošlo ke splnění požadavků všech cestujících. U vlastních návrhů bylo vycházeno ze stávajícího stavu.

7 Závěr

Tato diplomová práce pojednává o posouzení náhrady autobusové dopravy trolejbusy na vybraných linkách MHD v Českých Budějovicích. Jedná se o linku č. 1, která je spojnici mezi částí Haklovy Dvory a obcí Rudolfov, na kterou je v současnosti denně nasazeno 6 autobusů celodenních a 3 dělené. Dále pak o linku č. 7, jež spojuje sídliště Máj a obec Vrábče a jsou na ni denně nasazeny 3 autobusy celodenní a 5 dělených. O linku č. 11, ta spojuje část Pražské předměstí a obec Staré Hodějovice, denně ji obsluhuje 6 autobusů celodenních a 3 dělené. A nakonec linku č. 19, spojnici mezi sídlištěm Vltava a obcí Dobrá Voda. Na tuto linku je nasazeny denně 3 autobusy celodenní a 2 dělené.

U linky č. 1, 7 a 19 byly v další části diplomové práce navrženy varianty rozdělení linek na určité úseky. K výpočtům bylo použito jak matematických modelů PRIVOL, tak byla navržena vlastní řešení. První model sloužil k výběru vhodných úseků na lince a k výpočtu počtu míst přidělených na linku. Druhý potom vychází z modelu 1 a slouží k přiřazení potřebného počtu vozidel na tyto vybrané úseky. Linka č. 11 rozdělována nebyla, ta byla posuzována z hlediska použití duobusů.

Doporučení k lince č. 1: Po rozdělení linky, kapacitních výpočtech a ekonomickém zhodnocení bude linka č. 1 obsluhována na úseku Haklovy Dvory - Máj, Milady Horákové autobusy s nižší obsaditelností (jedná se o autobusy Mave CiBus ENA 3Z s obsaditelností 25 míst, či podobné vozidlo) úsek Máj, Milady Horákové - Nádraží, Máj, Milady Horákové - Vráto budou obsluhovat trolejbusy a úsek Máj, Milady Horákové - Rudolfov budou obsluhovat duobusy. Při tomto návrhu musí dojít k zatrolejování úseku Nádraží - Vráto. Jednak je tento návrh z hlediska nákladů na provoz výhodnější než současný stav (2 249 813 Kč/rok méně než v současnosti) a navíc díky použití trolejbusů a duobusů dochází k šetření životního prostředí.

Linka č. 7 a 19 jsou posuzovány komplexně, protože dochází k zatrolejování stejného úseku (Výstaviště - Ludvíka Svobody) a tedy náklady na výstavbu a údržbu trolejového vedení budou rozloženy mezi obě linky.

Na lince č. 7 navrhuji variantu, kdy úsek Máj, Antonína Barcala - Náměstí Bratří Čapků obsluhují trolejbusy a úsek Náměstí Bratří Čapků - Vrábče autobusy s nižší obsaditelností. Jednak je tento návrh z hlediska nákladů na provoz výhodnější než současný stav (o 925 381 Kč/rok méně než v současnosti) a navíc díky použití trolejbusů dochází k šetření životního prostředí.

Na lince č. 19 navrhuji použití duobusů. Jednak tato varianta vyšla ze všech návrhů nejlépe, co se týká hlediska ekonomického (nárůst nákladů oproti současnosti činí 60 860 Kč/rok), avšak celkově s návrhem na lince 7 je provoz linky 7 a 19 dohromady o 864 521 Kč/rok výhodnější než v současnosti. Navíc použitím duobusů dojde ke větší ochraně životního prostředí.

Na lince č. 11 byla posuzována možnost použití duobusů a zatrolejování úseku Strakonická Möbelix - U Trojice. Návrh vyšel ekonomicky lépe. Doporučuji tedy použití duobusů a zatrolejování úseku Strakonická Möbelix - U Trojice. Náklady na provoz duobusů budou o 43 419 Kč/rok nižší než provoz autobusů v současnosti.

Těmito doporučeními a výstavbami trolejových vedení na úsecích Nádraží - Vráto u linky 1, Výstaviště - Ludvíka Svobody u linek 7 a 19 a Strakonická Möbelix - U Trojice u linky 11 by došlo oproti současnému stavu k úspoře 3 157 753 Kč/rok.

Na všech dnes autobusových linkách jsem navrhnul použití trolejbusů nebo duobusů. Výhody těchto dopravních prostředků spatřuji zejména v těchto bodech:

- Trolejbus je do městského provozu, kde se vozidla neustále rozjíždí a brzdí daleko vhodnější než autobus. Protože jeho elektromotor, který lze na rozdíl od naftového motoru krátkodobě přetížit mu umožňuje mnohem lepší akcelerační vlastnosti. Nové typy trolejbusů navíc umožňují též rekuperaci energie, čímž se ještě více sníží náklady na trakční energii.
- Trolejbusy mají vyšší náklady na ujetý km než autobusy. Toto je však dáno z velké části tím, že trolejbusy jsou provozovány především v centru města, kde mají linky obecně nižší rychlost než v periferních částech, obsluhovaných téměř výhradně autobusy. Ta část nákladů na provoz, která je nezávislá na počtu ujetých kilometrů (např. plat řidiče, odpisy vozidel, odpisy trakčního vedení) je potom na kilometr tím vyšší, čím menší je počet ujetých kilometrů. Když porovnáváme náklady na hodinu provozu místo na ujetý kilometr, vychází náklady na trolejbus nižší než náklady na provoz u autobusu. Navíc zvyšující se cena ropy na světových trzích způsobuje, že trolejbusy budou v porovnání s autobusy stále levnější.
- Trolejbusy nevypouštějí žádné výfukové plyny v místě provozu a mohou tedy jezdit i v pěších zónách apod. Největším handicapem autobusů je navíc samo spalování ropy, jímž se do atmosféry dostává oxid uhličitý - hlavní příčina zvyšování skleníkového efektu a tím globálního oteplení se všemi jeho následky.

- Věc názoru je také to, že trakční vedení, které je pro trolejbusy životně důležité „škaredí“ město. Trolejové vedení patří k modernímu městu stejně jako sloupy veřejného osvětlení nebo silnice vůbec. Navíc je nesporné, že trolejové vedení dodává městu velkoměstský ráz.
- U trolejbusů není potřeba motorový olej, takže odpadá možnost znečištění prostředí touto látkou.
- Trolejbusy jsou osvobozeny od placení mýtného na rychlostních silnicích a silnicích 1. třídy. Trolejbus totiž není vozidlo silniční, ale drážní.
- Díky neustálým vibracím ze spalovacího motoru, které se přenášejí na konstrukci autobusu, má autobus nižší životnost. U trolejbusu jsou vibrace mnohem menší.

Seznam použité literatury

- [1] *Dopravní podnik města České Budějovice, a.s.* [online]. 2009 [cit. 2010-11-17]. Historie. Dostupné z WWW: <<http://www.dpmcb.cz/o-spolecnosti/historie/>>.
- [2] ŠIRC, Jan: *Osobní sdělení*. VŠB - TU Ostrava, Ostrava. [2010-10-27]
- [3] FILIP, Radek: *Osobní sdělení*. Dopravní podnik města České Budějovice, a.s., České Budějovice. [2010-11-15]
- [4] SUROVEC, P. *Provoz a ekonomika silniční dopravy I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2000. 119 s. ISBN 80-7078-735-X
- [5] MAFRA, a.s. *IDOS Jízdní řády* [online]. 2010 [cit. 2010-11-14]. Jizdnirady.idnes.cz. Dostupné z WWW: <<http://jizdnirady.idnes.cz/ceskebudejovice/spojeni/>>.
- [6] *Dopravní podnik města České Budějovice, a.s.* [online]. 2009 [cit. 2010-11-25]. Projekty EU. Dostupné z WWW: <<http://www.dpmcb.cz/projekty-srop/>>.
- [7] Irisbus Citelis 18M. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 18. 5. 2010 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Irisbus_Citelis_18M>.
- [8] Irisbus Citelis 12M. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 4. 3. 2011 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Irisbus_Citelis_12M>.
- [9] Solaris Urbino 15. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 4. 3. 2011 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Solaris_Urbino_15>.
- [10] Solaris Urbino 12. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 4. 3. 2011 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Solaris_Urbino_12>.
- [11] Karosa B 741. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 2. 3. 2010 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Karosa_B_741>.

- [12] Karosa B 732. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 8. 2. 2011 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Karosa_B_732>.
- [13] Iveco Crossway LE. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 18. 5. 2010 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Iveco_Crossway_LE>.
- [14] *PRAŽSKÁ MHD* [online]. 2006 [cit. 2011-03-29]. Karosa-Renault CityBus 12M. Dostupné z WWW: <<http://www.prahamhd.estranky.cz/stranka/karosa-renault-citybus-12m>>.
- [15] *Mave* [online]. 2010 [cit. 2011-03-29]. Nízkopodlažní městské autobusy Mave CiBus ENA. Dostupné z WWW: <<http://www.mave.cz/page/67762.mestske-nizkopodlazni-city-lowfloorbus/>>.
- [16] ČERNÝ, J., KLUVÁNEK P. *Základy matematickej teorie dopravy*. Bratislava: VEDA – Vydavateľstvo slovenskej akademie vied, Bratislava. ISBN 80-224-0099-8
- [17] GROSS, I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. Praha: GRADA, Praha, 2003. ISBN 80-247-0421-8

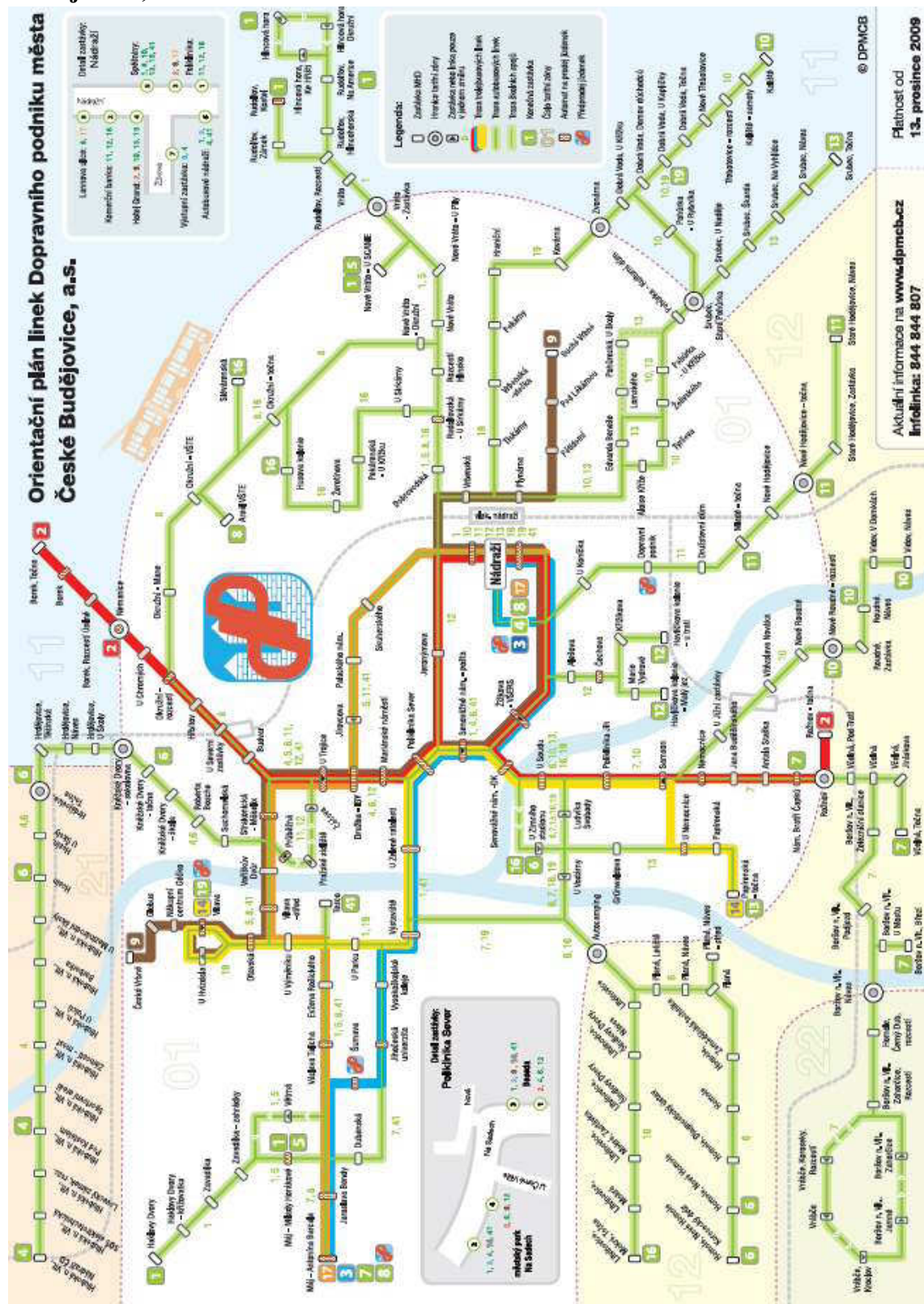
Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat Ing. Janu Šircovi za jeho čas, odborné konzultace a vstřícný přístup a doc. Ing. Ivaně Olivkové, Ph.D. za příkladné vedení této diplomové práce.

Seznam příloh

Příloha č. 1:	Orientační plán linek Dopravního podniku města České Budějovice
Příloha č. 2:	Přepravní intenzita na lince 1
Příloha č. 3:	Relativní obsazenost na lince 1 podle denní doby
Příloha č. 4:	Přepravní intenzita na lince 7
Příloha č. 5:	Relativní obsazenost na lince 7 podle denní doby
Příloha č. 6:	Přepravní intenzita na lince 11
Příloha č. 7:	Relativní obsazenost na lince 11 podle denní doby
Příloha č. 8:	Přepravní intenzita na lince 19
Příloha č. 9:	Relativní obsazenost na lince 19 podle denní doby
Příloha č. 10:	Vozový park na daných linkách
<i>Příloha č. 10.1:</i>	Irisbus Citelis 18
<i>Příloha č. 10.2:</i>	Irisbus Citelis 12
<i>Příloha č. 10.3:</i>	Solaris Urbino 15
<i>Příloha č. 10.4:</i>	Solaris Urbino 12
<i>Příloha č. 10.5:</i>	Karosa B741/941
<i>Příloha č. 10.6:</i>	Karosa B732/931
<i>Příloha č. 10.7:</i>	Iveco Crossway LE
<i>Příloha č. 10.8:</i>	Renault CityBus
<i>Příloha č. 10.9:</i>	Mave CiBus ENA 3Z

Budějovice, a.s. ^[2]

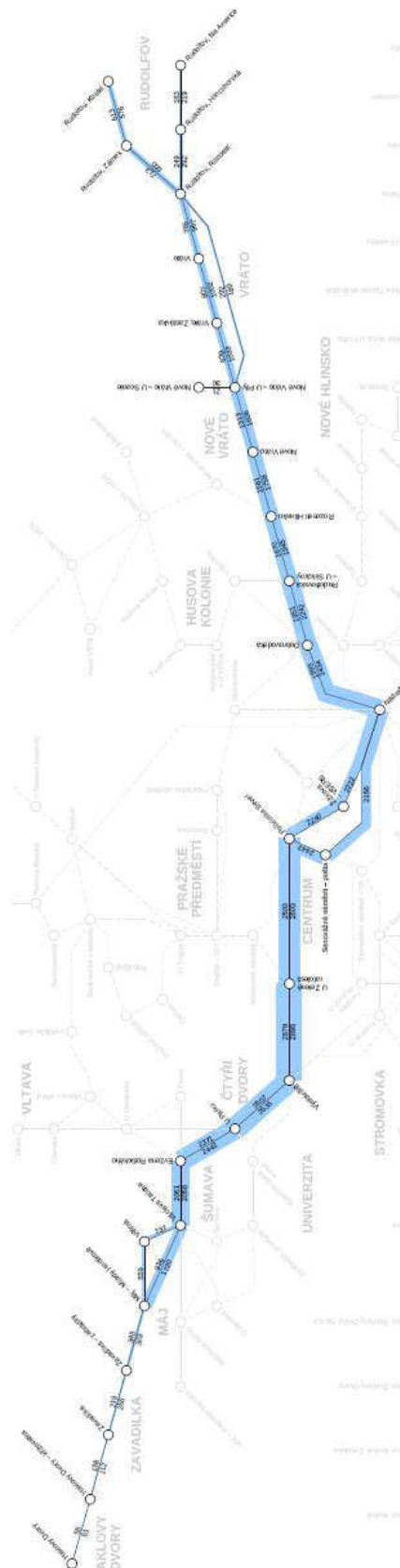


[2] ŠIRC, Jan: *Osobní sdělení*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava. [2010-10-27]

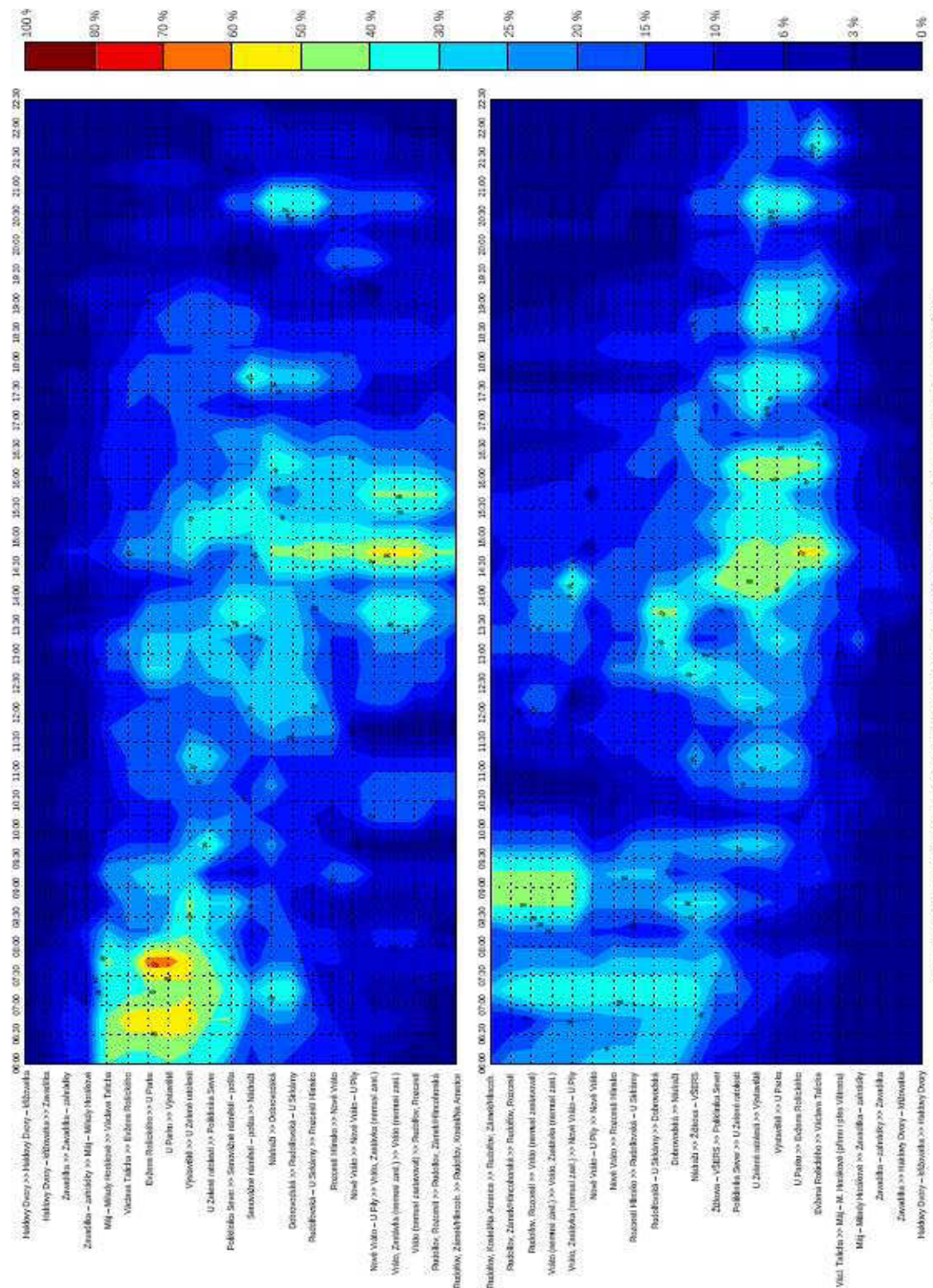
Příloha č. 2: Převážní intenzita na lince 1 ^[2]

Školní pracovní den, počet přepravených osob za časové období od 06:00 do 22:30 hodin

Průzkum obsazenosti a zpoždění spojů, data z období 24. 11. – 10. 12. 2009



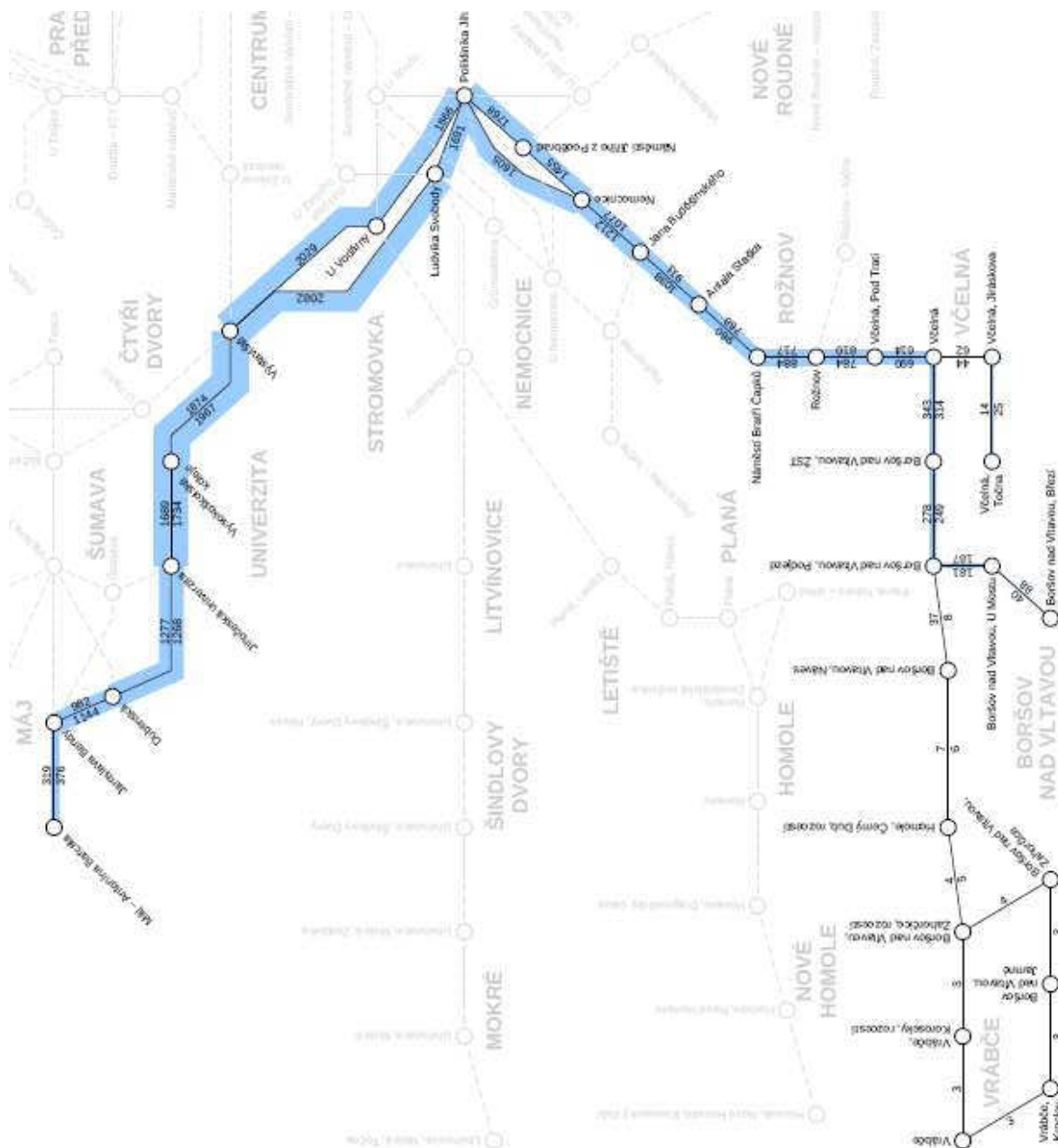
Data z období 24. 11. – 10. 12. 2009



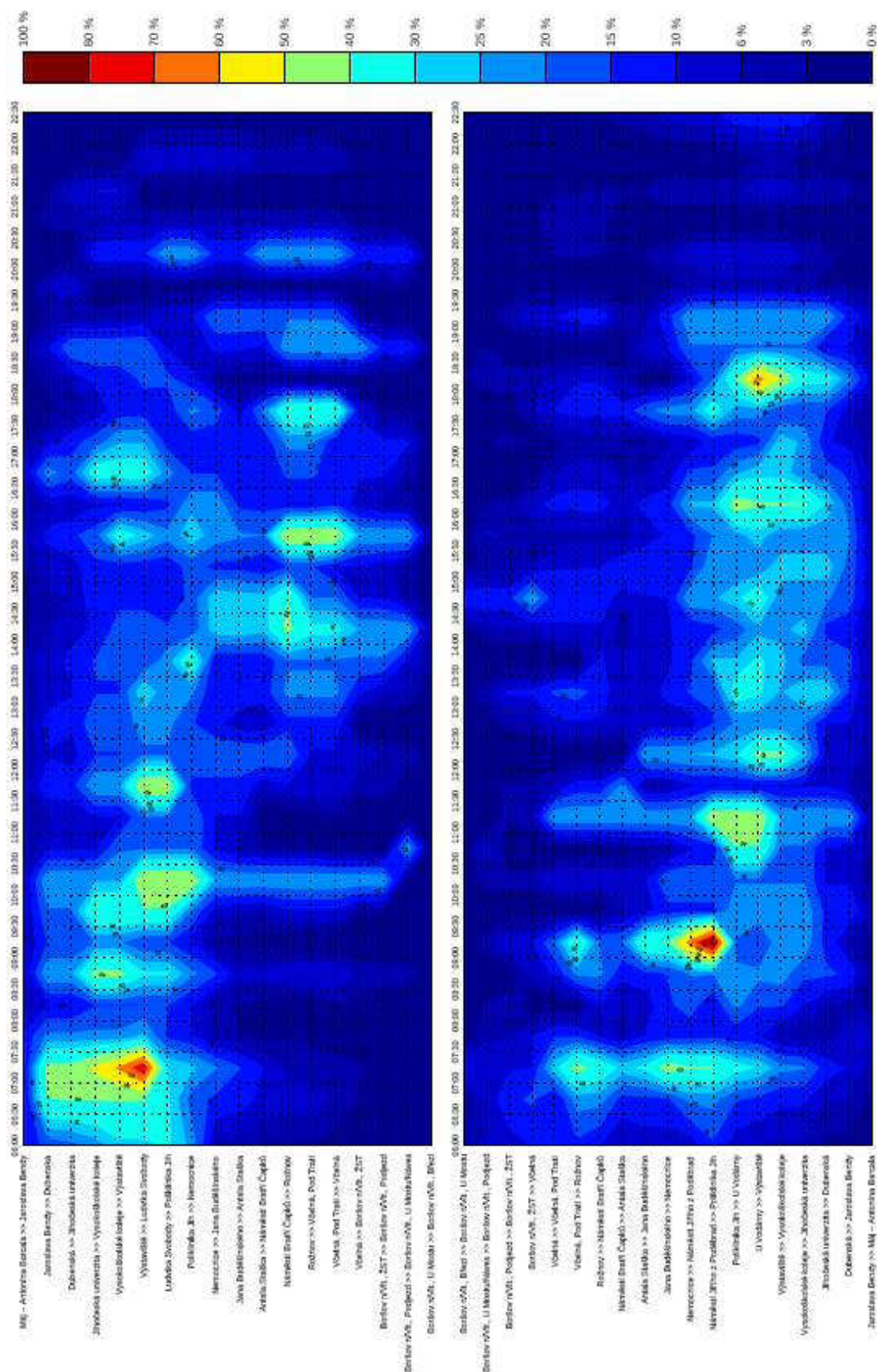
Příloha č. 4: Převpravní intenzita na lince 7 ^[2]

Školní pracovní den, počet přepravených osob za časové období od 06:00 do 22:30 hodin

Průzkum obsazenosti a zpoždění spojů, data z období 24. 11. – 10. 12. 2009



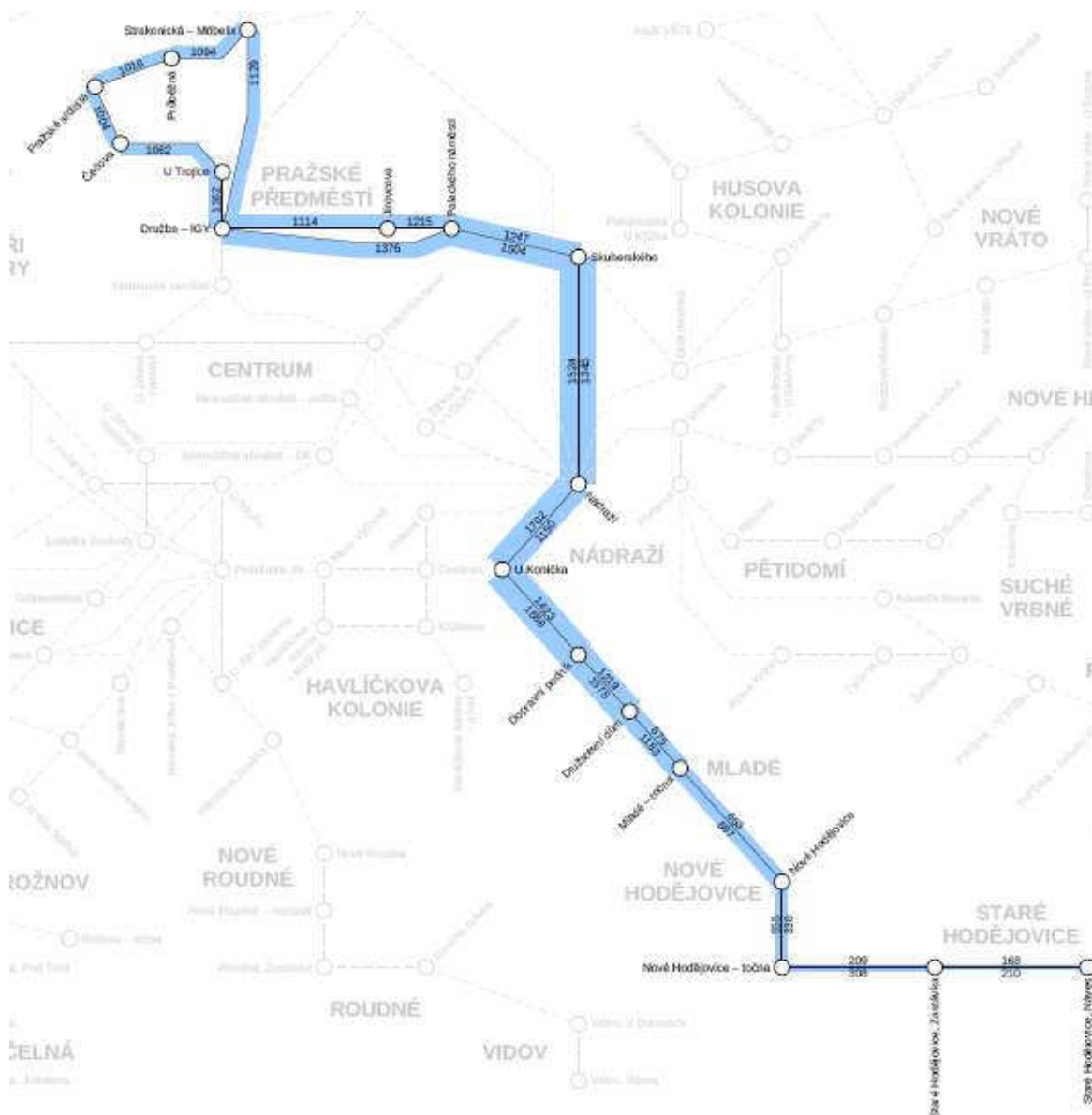
Data z období 24. 11. – 10. 12. 2009



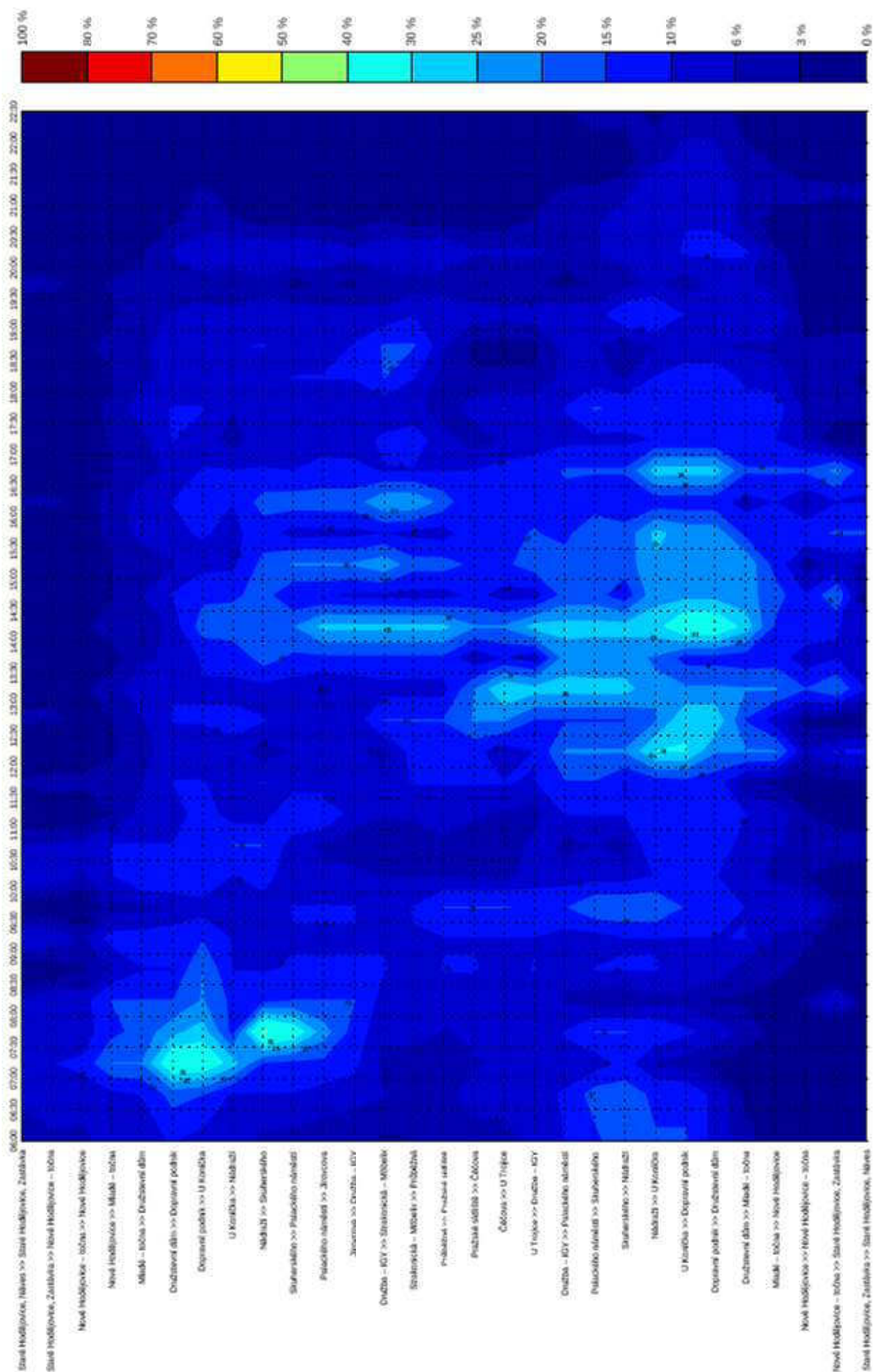
Příloha č. 6: Převpravní intenzita na lince 11 ^[2]

Školní pracovní den, počet přepravených osob za časové období od 06:00 do 22:30 hodin

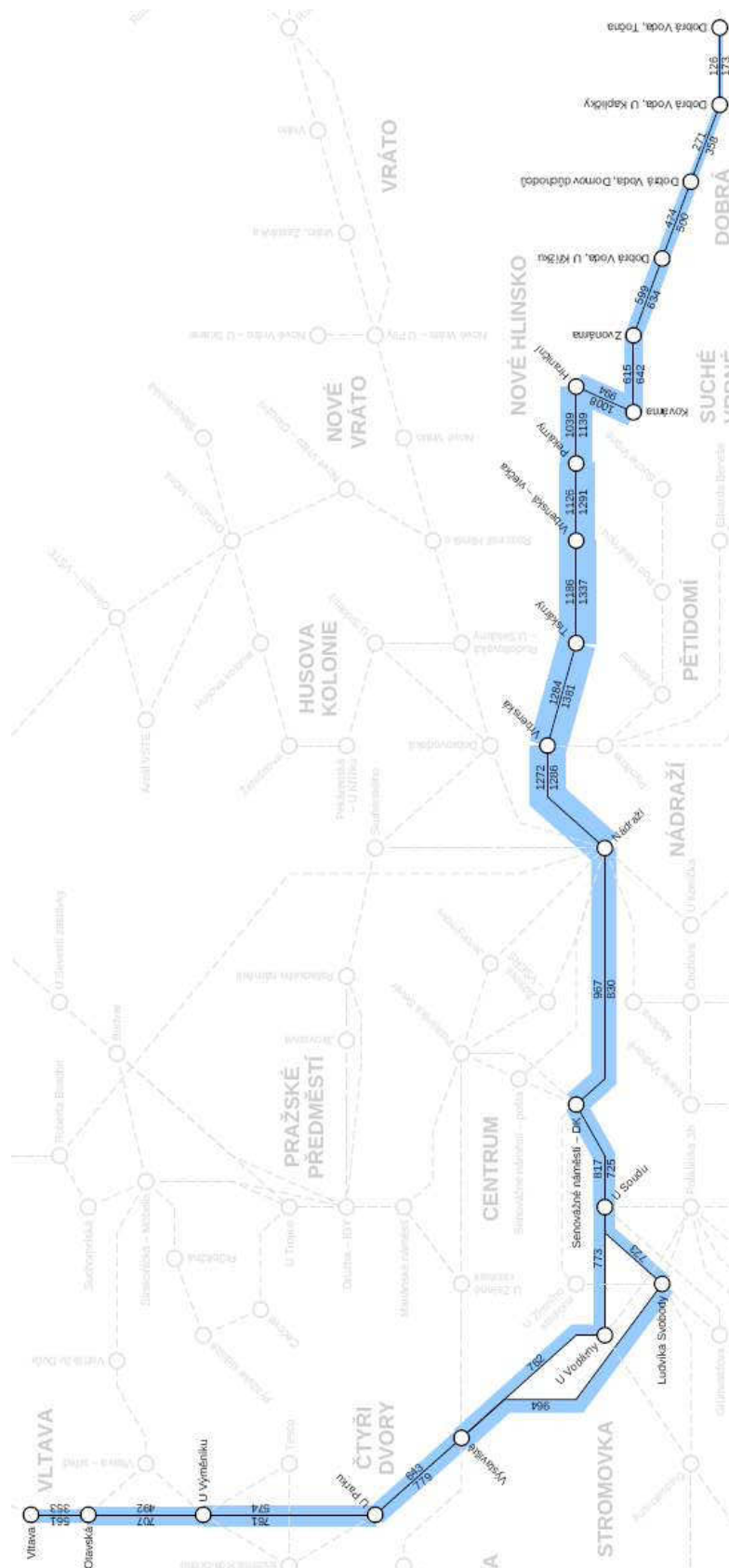
Průzkum obsazenosti a zpoždění spojů, data z období 24. 11. – 10. 12. 2009



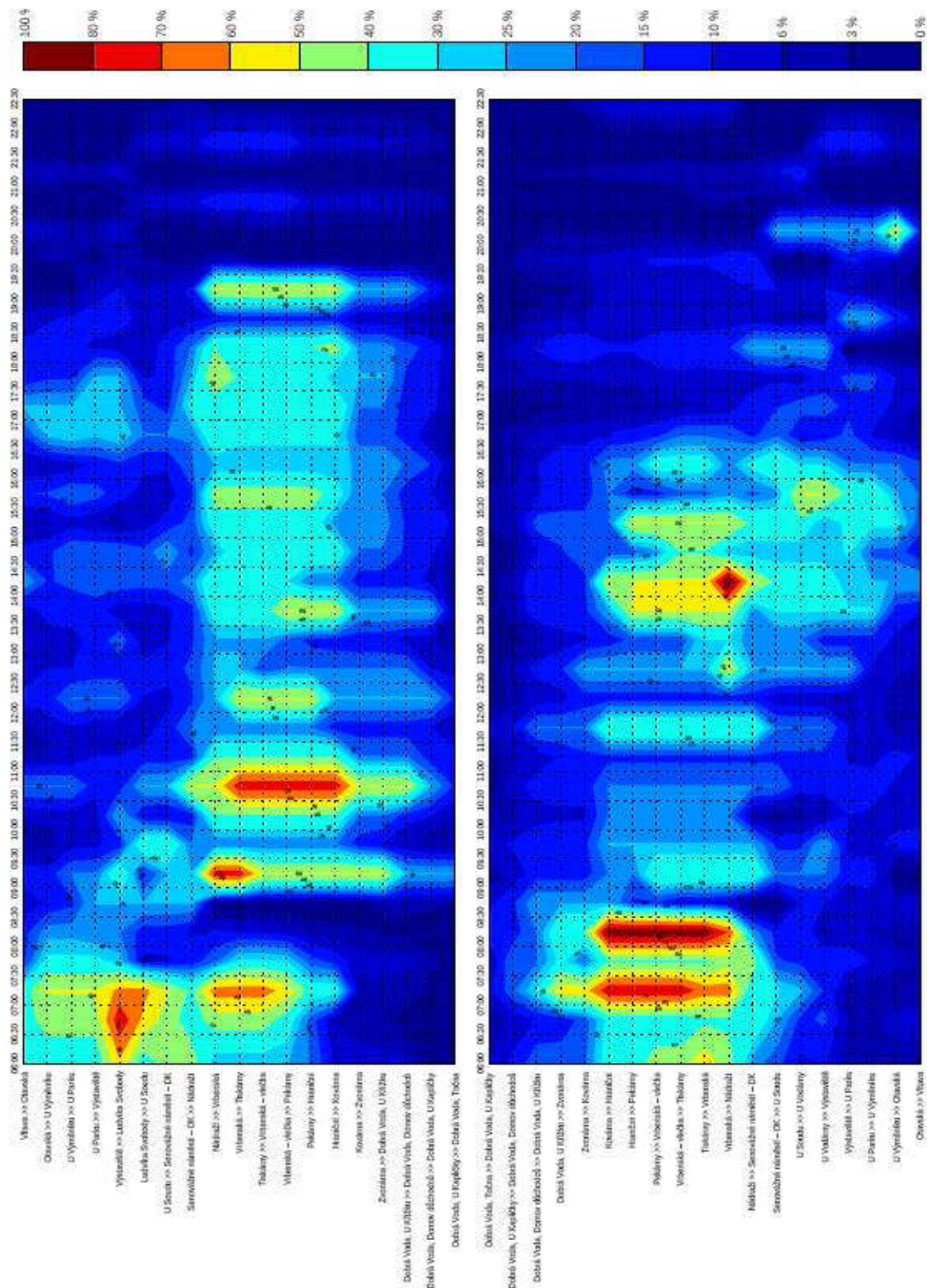
Data z období 24. 11. – 10. 12. 2009



Školní pracovní den, počet přepravených osob za časové období od 06:00 do 22:30 hodin
Průzkum obsazenosti a zpoždění spojů, data z období 24. 11. – 10. 12. 2009



Data z období 24. 11. – 10. 12. 2009



Příloha č. 10: Vozový park na daných linkách

Příloha č. 10.1: Irisbus Citelis 18 ^[7]

Motor	Iveco Cursor F2 B
Výkon	213 kW
Převodovka	Voith D 851.3, druh-automatická, Počet převodových stupňů-3
Délka	17 800 mm
Šířka	2 500 mm
Výška	3 185 mm
Pohotovostní hmotnost	17 300 kg
Počet míst k sezení	40 - 44
Počet míst ke stání	115



[7] Irisbus Citelis 18M. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 18. 5. 2010 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Irisbus_Citelis_18M>.

Příloha č. 10.2: Irisbus Citelis 12 ^[8]

Motor	Iveco Cursor F2 B
Výkon	180 - 213 kW
Převodovka	Voith D 851.3, druh-automatická, počet převodových stupňů-3
Délka	11 900 mm
Šířka	2 500 mm
Výška	2 979 mm
Pohotovostní hmotnost	11 200 kg
Počet míst k sezení	28 - 32
Počet míst ke stání	71



[8] Irisbus Citelis 12M. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 4. 3. 2011 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Irisbus_Citelis_12M>.

Příloha č. 10.3: Solaris Urbino 15 ^[9]

Motor	Cummins ISLe4 340
Výkon	162 kW
Převodovka	Voith D854.3, druh-automatická, počet převodových stupňů-3
Délka	14 590 mm
Šířka	2 550 mm
Výška	2 850 mm
Pohotovostní hmotnost	12 700 kg
Počet míst k sezení	36 - 46
Počet míst ke stání	118 - 131



[9] Solaris Urbino 15. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 4. 3. 2011 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Solaris_Urbino_15>.

Příloha č. 10.4: Solaris Urbino 12 ^[10]

Motor	Cummins ISBe4 250B
Výkon	162 kW
Převodovka	Voith Diwa 5, druh-automatická, počet převodových stupňů-6
Délka	12 000 mm
Šířka	2 550 mm
Výška	2 850 mm
Pohotovostní hmotnost	10 400 kg
Počet míst k sezení	28 - 43
Počet míst ke stání	61 - 77



[10] Solaris Urbino 12. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 4. 3. 2011 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Solaris_Urbino_12>.

Příloha č. 10.5: Karosa B741/941 ^[11]

Motor	LIAZ ML 636 / ML 637 / ML 640
Výkon	175 - 210 kW
Převodovka	ZF 4 HP 500, druh-automatická, počet převodových stupňů-4
Délka	17 355 mm
Šířka	2 500 mm
Výška	3 165 mm
Pohotovostní hmotnost	14 210 kg
Počet míst k sezení	42
Počet míst ke stání	108



[11] Karosa B 741. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 2. 3. 2010 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Karosa_B_741>.

Příloha č. 10.6: Karosa B732/931 ^[12]

Motor	LIAZ ML 635 / ML 636
Výkon	148,5 - 175 kW
Převodovka	Praga 5P 80, druh-mechanická, počet převodových stupňů-5+1
Délka	11 055 / 11 347 mm
Šířka	2 500 mm
Výška	3 165 mm
Pohotovostní hmotnost	9 400 - 10 200 kg
Počet míst k sezení	31
Počet míst ke stání	59 - 63



[12] Karosa B 732. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 8. 2. 2011 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Karosa_B_732>.

Příloha č. 10.7: Iveco Crossway LE ^[13]

Motor	Iveco Cursor 8
Výkon	243 kW
Převodovka	Voith DIWA 5, druh-automatická, počet převodových stupňů-4
Délka	11 995 / 12 760 mm
Šířka	2 550 mm
Výška	3 145 mm
Pohotovostní hmotnost	18 000 kg
Počet míst k sezení	38 - 50
Počet míst ke stání	45 - 69



[13] Iveco Crossway LE. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 18. 5. 2010 [cit. 2011-03-29]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Iveco_Crossway_LE>.

Příloha č. 10.8: Renault CityBus ^[14]

Motor	Iveco Cursor 8
Výkon	213 kW
Převodovka	Voith D 851.3, druh-automatická, počet převodových stupňů-3
Délka	11 990 mm
Šířka	2 500 mm
Výška	2 979 mm
Pohotovostní hmotnost	11 200 kg
Počet míst k sezení	30
Počet míst ke stání	69



[14] PRAŽSKÁ MHD [online]. 2006 [cit. 2011-03-29]. Karosa-Renault CityBus 12M. Dostupné z WWW: <<http://www.prahamhd.estranky.cz/stranka/karosa-renault-citybus-12m>>.

Příloha č. 10.9: Mave CiBus ENA 3Z ^[15]

Motor	3.0 Multijet 16V Power
Výkon	116 kW
Převodovka	F40, druh-mechanická, počet převodových stupňů-6+1
Délka	7 720 mm
Šířka	2 190 mm
Výška	2 620 mm
Celková hmotnost	5 400 kg
Obsaditelnost	25 míst



[15] Mave [online]. 2010 [cit. 2011-03-29]. Nízkopodlažní městské autobusy Mave CiBus ENA. Dostupné z WWW: <<http://www.mave.cz/page/67762.mestske-nizkopodlazni-city-lowfloorbus/>>.